

**ANALISIS KESESUAIAN PERAIRAN TAMBAK
DI KABUPATEN DEMAK DITINJAU DARI
ASPEK PRODUKTIVITAS PRIMER
MENGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH**

TESIS

Untuk Memenuhi Sebagian Persyaratan
Guna Mencapai Derajat Sarjana S-2

Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro
Program Studi: Magister Manajemen Sumberdaya Pantai



Diajukan oleh :
Lestari Lakhsmi Widowati
K4A000013

Kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS DIPONEGORO SEMARANG
2004**

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISIS KESESUAIAN PERAIRAN TAMBAK DI KABUPATEN DEMAK DITINJAU DARI ASPEK PRODUKTIVITAS PRIMER MENGGUNAKAN PENGINDERAAN JAUH

Dipersiapkan dan disusun oleh
LESTARI LAKHSMI WIDOWATI
K4A000013

Telah dipertahankan di depan Tim Penguji
Pada Tanggal: 19 Maret 2004

Pembimbing I


(Dr.Ir. AGUS HARTOKO, MSc.)

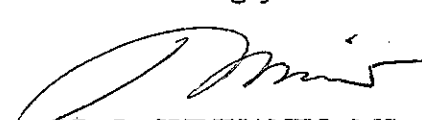
Penguji I


(Prof.Dr.Ir. SUTRISNO ANGGORO, MS.)

Pembimbing II


(Dr.Ir. SUMINTO, MSc.)

Penguji II


(Dr.Ir. SUBIYANTO, MSc.)

Pembimbing III


(Dr. MUCHLISIN ARIEF)



Ketua Program Studi


(Prof.Dr.Ir. SUTRISNO ANGGORO, MS.)

RINGKASAN

Lestari Lakhsmi Widowati. K4A000013. **Analisis Kesesuaian Perairan Tambak di Kabupaten Demak Ditinjau dari Aspek Produktivitas Primer Menggunakan Penginderaan Jauh.** (Pembimbing : Agus Hartoko, Suminto, Muchlisin Arif.)

Kabupaten Demak memiliki 4 buah Kecamatan di wilayah pesisir yaitu Kecamatan Sayung, Kecamatan Karangtengah, Kecamatan Bonang dan Kecamatan Wedung, yang mempunyai potensi untuk usaha tambak. Namun akhir-akhir ini produksi tambak di Kabupaten Demak menurun dibandingkan tahun-tahun sebelumnya. Hal ini disebabkan oleh turunnya daya dukung lingkungan khususnya kualitas perairan di wilayah tersebut. Kurangnya informasi data tentang kondisi perairan tambak merupakan suatu hal yang menyebabkan kurang berkembangnya usaha pertambakan ini. Penelitian ini mencoba menjawab masalah diatas, dengan batasan rentang waktu selama musim kemarau.

Tujuan penelitian ini adalah : (1) Merumuskan beberapa formula pendugaan untuk parameter klorofil_α, suhu permukaan perairan dan Muatan Padatan Tersuspensi dan (2) Menganalisis kesesuaian perairan tambak berdasarkan data citra satelit Landsat ETM7+ yaitu klorofil_α, suhu permukaan perairan, dan muatan padatan tersuspensi (MPT) menggunakan teknologi inderaja serta berdasarkan data lapangan (pH, Oksigen Terlarut, Salinitas, Nitrat dan Fosfat).

Metodologi yang dipakai adalah survei lapangan, dan analisis kesesuaian perairan tambak dari data citra satelit Landsat ETM₇₊. Analisis kesesuaian perairan tambak berdasarkan data citra satelit Landsat ETM₇₊ dilakukan dengan cara *cross-check* antara data lapangan dengan data satelit tersebut. Sedangkan analisis kesesuaian perairan tambak berdasarkan data lapangan dilakukan dengan jalan survei lapangan. Peta kesesuaian perairan tambak di Kabupaten Demak diperoleh dengan cara *overlay* parameter-parameter diatas menggunakan skoring berdasarkan nilai dan bobot dengan bantuan Sistem Informasi Geografis (SIG). Adapun pelaksanaan sampling selama bulan April, 2003.

Hasil yang didapat yaitu 1.(a). Formulasi yang digunakan untuk menduga nilai klorofil_α di perairan tambak Kabupaten Demak adalah: $\text{Klorofil}_{\alpha} (\mu\text{g/l}) = 17,912((b1-b2)/(b1+b2)) - 0,3343$, dengan kisaran nilai 0,368 – 2,852 $\mu\text{g/l}$. (b) Formulasi yang digunakan untuk menduga nilai suhu permukaan perairan di perairan tambak Kabupaten Demak adalah: $\text{suhu permukaan perairan } (^{\circ}\text{C}) = 0,6674(B6) - 75,544$, dengan kisaran nilai 25, 03 – 34,00 ($^{\circ}\text{C}$). (c) Formulasi yang digunakan untuk menduga nilai Muatan Padatan Tersuspensi di perairan tambak Kabupaten Demak adalah: $\text{MPT (ppm)} = -15,8049 + 0,6657(B1) - 1,0665(B2) + (0,9437(B3) + 0,1939(B4))$, dengan kisaran nilai 26,074 – 74,000 ppm. (2). Kondisi perairan tambak di Kabupaten Demak berdasarkan data citra satelit Landsat ETM7+ maupun data lapangan adalah Sesuai pada Kecamatan Sayung, dan Kecamatan Karangtengah, serta Sesuai Bersyarat pada sebagian besar Kecamatan Bonang dan Kecamatan Wedung. Hasil yang didapat dalam penelitian ini diasumsikan mewakili kondisi tambak di Kabupaten Demak pada musim kemarau, sedangkan kondisi pada musim penghujan perlu dilakukan penelitian lebih lanjut.

Saran yang dapat dianjurkan berdasarkan penelitian ini adalah (1) Perlu diupayakan penggunaan teknologi penginderaan jarak jauh sebagai upaya memperoleh informasi yang lebih cepat, kontinyu serta dapat mencakup daerah yang luas. (2) Perlu dikembangkan usaha pertambakan di Kabupaten Demak sesuai dengan kondisi masing-masing kecamatan. Dimana pada Kecamatan Sayung dan Karangtengah dengan kondisi perairan Sesuai yang hanya memenuhi persyaratan minimum dapat ditingkatkan menjadi perairan yang memenuhi persyaratan optimum. Sedangkan pada Kecamatan Bonang dan Wedung pada tingkat kesesuaian Sesuai Bersyarat, dapat dilakukan upaya-upaya khusus untuk meningkatkan kualitas perairannya. Peningkatan kualitas air ini dapat dilakukan dengan jalan penambahan mangrove, pemupukan ataupun perbaikan petakan tambak.

Kata kunci : Produktivitas Primer, Penginderaan Jauh

ABSTRACT

Lestari Lakhsmi Widowati. K4A000013. **Suitability Analysis of Pond's Water Quality in Demak Residence Based on Primary Productivity Using Remote Sensing.** (Consultant: Agus Hartoko, Suminto, Muchlisin Arif.)

Demak residences which have four sub district on coastal area, Sayung, Karangtengah, Bonang and Weddung, have a lot of potential for pond business. But lately the pond production at Demak residence was lower than past years. The one of the factors that causes less developed pond business is insufficient data about the condition of pond. This research tries to find the answer of that condition just on dry season (October-April).

These purpose of this research are (1) to find some estimation formula for chlorophyll_α, water surface temperature, and total suspended solid. And (2) to analyze suitability of pond's water quality based on satellite Landsat ETM 7+ (chlorophyll_α, water surface temperature, and total suspended solid) and data obtained (pH, dissolved oxygen, salinity, nitrate and phosphate).

The method to be used is survey methods and suitability analysis of pond's water quality based on satellite Landsat ETM 7+. Suitability analysis of pond's water quality based on satellite Landsat ETM 7+ was carried out by crosscheck between obtained data on pond and data satellite. Suitability analysis of pond's water quality based on obtained data from pond water collected by survey. Suitability map of pond in Demak residence collected by overlay parameters mentioned above using scoring based on mentioned value by Geographical Information System.

These results of this research are 1 (a) Formula to estimate chlorophyll_α in pond's of Demak residence is: $\text{Chlorophyll}_\alpha (\mu\text{g/l}) = 17.912 ((b1-b2)/(b1+b2)) - 0.3343$, the tolerance is 0.368 - 2.852 $\mu\text{g/l}$. (b) Formula to estimate water surface temperature in pond's of Demak residence is: $\text{Temperature } (^{\circ}\text{C}) = 0.6674 (b6) - 75.544$, the tolerance is 25.03- 34.00. (c) Formula to estimate total suspended solid in pond's of Demak residence is: $\text{TSS (ppm)} = 15.8049 + 0.6657(b1) - 1.0665(b2) + 0.9437(b3) + 0.1939(b4)$, the tolerance is 26.074 - 74.000 ppm. (2) Suitability of pond's water quality in Demak residence based on image analysis of Landsat ETM 7+ and obtained data is Suitable at Sayung and Karangtengah Sub district and Suitable with special effort at most of Bonang and Wedung Sub district. These things mean that pond at Demak residence still can be developed with special effort. This result is just suitable on dry season, and for wet season is suggested to do by another research.

This research suggested (1) That is necessary to apply remote sensing for get newest, complete, and continuous information. (2) That is necessary to develop of pond's business based on their condition. On Sayung and Karangtengah Sub district must be try from minimum condition become optimum condition, while on Bonang and Wedung Sub district in Suitable with special effort must be try by special treatment for increase the pond's production. The effort like a reforestation of mangrove, fertilizing or repairing a pond's construction.

Keyword: Primary Productivity, Remote Sensing

KATA PENGANTAR

Puji syukur Kepada Allah SWT atas segala rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul "Analisis Kesesuaian Perairan Tambak di Kabupaten Demak Ditinjau dari Aspek Produktivitas Primer Menggunakan Penginderaan Jauh". Tesis ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam mencapai derajat S-2 pada Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro, Program Studi Magister Manajemen Sumberdaya Pantai.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih banyak kekurangan akibat keterbatasan kemampuan penulis. Untuk itu saran dan kritil membangun sangat diperlukan untuk perbaikan tesis ini.

Dengan penuh rasa hormat penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak DR Ir. Agus Hartoko, MSc, Bapak DR Ir. Suminto, MSc dan Bapak DR. Mukhlisin Arief selaku dosen pembimbing tesis yang telah banyak memberikan bimbingan dan arahan.
2. Bapak Prof. DR. Ir. Sutrisno Anggoro, MS selaku Ketua Program Studi Magister Manajemen Sumberdaya Pantai sekaligus sebagai penguji, dan Bapak DR. Ir. Subiyanto, MSc selaku penguji yang telah banyak memberikan saran dan masukan kepada penulis.
3. Bapak Ir. Bambang Tedja Sukmana, Dipl. Ing selaku DEPUTI Penginderaan Jauh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN), Bapak Drs. Bidawi Hasyim, MSi selaku Kapusbangja, Bapak Drs. Edyanta Purba selaku Kabid Islahta, serta semua staff Pusbangja LAPAN yang telah banyak memberikan bantuan selama penulis melakukan penelitian.
4. Bapak Ir. Yusuf Aidy, MPi selaku Kepala Dinas Perikanan Kabupaten Demak dan staff.
5. Kedua orang tuaku, dalam do'anya yang senantiasa mengalir dan dukungannya yang selalu membesarkan hatiku, serta seluruh keluarga yang selalu memberikan kasih sayangnya.
6. Rekan - rekan Perikanan '95, '97 serta teman-teman di LAPAN yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan.

Dengan segala kerendahan hati, penulis mengharapkan agar tesis ini dapat bermanfaat.

Semarang, Februari 2004

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR ILLUSTRASI	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
 BAB I : PENDAHULUAN	 1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Pendekatan Masalah	3
1.3. Tujuan	6
1.4. Manfaat	6
BAB II : TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. Tambak	7
2.1.1. Tambak di Kabupaten Demak	9
2.1.2. Produktivitas Primer Perairan Tambak	10
a. Aspek Fisika	11
b. Aspek Kimia	11
c. Aspek Biologi	13
2.1.3. Evaluasi Lahan	14
2.2. Penginderaan Jarak Jauh (Inderaja)	15
2.2.1. Satelit Landsat ETM7+	17
a. Cara Kerja Citra Satelit Landsat ETM7+	18
2.2.2. Aplikasi Inderaja Untuk Pemetaan Wilayah dan Sumberdaya Pesisir	 23
a. Klorofil α	24
b. Suhu Permukaan Perairan	25
c. Muatan Padatan Tersuspensi	25
2.3. Sistem Informasi Geografis	26
BAB III : METODOLOGI	27
3.1. Bahan penelitian	27
3.2. Peralatan	28
3.3. Cara Penelitian	28
3.3.1. Prosedur pengambilan sampel lapangan	29
3.4. Variabel	34
3.5. Analisis data	35
3.5.1. Analisis Data Satelit Landsat ETM7+	35
a. Analisis Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Data Satelit Landsat ETM_7+	 38
3.5.2. Analisis Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Parameter pH, Oksigen Terlarut, Salinitas, Nitrat dan Fosfat	 39

BAB IV : HASIL DAN PEMBAHASAN.....	45
4.1. Lokasi titik sampling	45
4.2. Formulasi Pendugaan	48
4.2.1. Klorofil_α	48
4.2.2. Suhu Permukaan Perairan	50
4.2.3. Muatan Padatan Tersuspensi (MPT)	51
4.3. Pengkelasan Nilai Tiap Parameter.....	53
4.4. Analisis Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Data Citra Satelit Landsat ETM7+.....	57
4.4.1. Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Klorofil_α Hasil Analisis Data Citra Satelit Landsat ETM7+	58
4.4.2. Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Suhu Permukaan Perairan Hasil Analisis Data Citra Satelit Landsat ETM7+.....	62
4.4.3. Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Muatan Padatan Tersuspensi Hasil Analisis Data Citra Satelit Landsat ETM7+	66
4.4.4. Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan <i>Overlay</i> Nilai Klorofil_α, Suhu Permukaan Perairan dan nilai Muatan Padatan Tersuspensi, Hasil Analisis data citra satelit Landsat ETM7+	69
4.5. Analisis Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Parameter pH, Oksigen Terlarut, Salinitas, Nitrat dan Fosfat	73
4.5.1. Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Parameter pH dan Oksigen Terlarut	73
4.5.2. Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Parameter Salinitas.....	80
4.5.3. Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Parameter Nitrat dan Fosfat.....	84
4.5.4. Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan <i>Overlay</i> Parameter pH, Oksigen Terlarut , Salinitas, P_PO4, N_NO3	89
4.6. Produktivitas Primer	92
4.7. Plankton.....	94
4.8. Saprobik Indeks (SI) dan Tropik Saprobik Indeks (TSI).....	97
 BAB V : KESIMPULAN DAN SARAN.....	 101
5.1. Kesimpulan	101
5.2. Saran	102
DAFTAR PUSTAKA.....	103
LAMPIRAN	107
RIWAYAT HIDUP.....	119

DAFTAR TABEL

Tabel 1.	Luas Lahan Tambak, Produksi dan Nilai Produksi Tahun 1995- 1996 di Kabupaten Demak	10
Tabel 2.	Luas Lahan Tambak Pada Masing-masing Kecamatan di Kabupaten Demak	10
Tabel 3.	Karakteristik Sensor Landsat ETM 7 +	23
Tabel 4.	Peralatan yang Digunakan Dalam Penelitian	28
Tabel 5.	Dasar Penentuan Skoring Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Parameter Klorofil α , Suhu Permukaan Air dan Muatan Padatan Tersuspensi (MPT).....	38
Tabel 6.	Skoring Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Parameter Klorofil α , Suhu Permukaan Air dan Muatan Padatan Tersuspensi (MPT).....	39
Tabel 7.	Dasar Penentuan Skoring Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Parameter pH, Oksigen Terlarut, Salinitas, Nitrat dan Fosfat.....	41
Tabel 8.	Skoring Kesesuaian Lahan Tambak Berdasarkan Parameter pH, Oksigen Terlarut, Salinitas, Nitrat dan Fosfat	42
Tabel 9.	Hasil Skoring Kesesuaian Perairan Tambak dan Artinya Bagi Kualitas Perairan Tambak	43
Tabel 10.	Posisi Titik Sampling Berdasarkan <i>Global Positioning System</i> (GPS).....	45
Tabel 11.	Hasil Regresi Beberapa Kombinasi Band dengan Data Klorofil α Lapangan.....	49
Tabel 12.	Pengkelasan Nilai Klorofil α	53
Tabel 13.	Pengkelasan Nilai Suhu Permukaan Perairan	53
Tabel 14.	Pengkelasan Nilai MPT	53
Tabel 15.	Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Klorofil α	60
Tabel 16.	Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Suhu Permukaan Perairan	64
Tabel 17.	Kandungan Muatan Padatan Tersuspensi dan Pengaruhnya Terhadap Perikanan.....	67
Tabel 18.	Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Muatan Padatan Tersuspensi.....	67
Tabel 19.	Tingkat Kesesuaian Perairan Tambak Tiap Kecamatan di Kabupaten Demak	69
Tabel 20.	Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan <i>Overlay</i> Nilai Klorofil α , Suhu Permukaan Air dan Muatan Padatan Tersuspensi (MPT)	71
Tabel 21.	Hasil Pengukuran pH dan Oksigen Terlarut Serta Tingkat Kesesuaiannya	77
Tabel 22.	Hubungan Antara Suhu, Salinitas dan Oksigen Terlarut.....	81
Tabel 23.	Hasil Pengukuran Salinitas dan Tingkat Kesesuaiannya	82
Tabel 24.	Hubungan Kandungan Nitrat dengan Pertumbuhan Organisme	84
Tabel 25.	Hubungan Kandungan Fosfat dengan Kesuburan Perairan	85
Tabel 26.	Hasil Pengukuran Nitrat dan Fosfat dan Tingkat Kesesuaiannya	86
Tabel 27.	Tingkat Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan <i>Overlay</i> Parameter pH, Oksigen Terlarut , Salinitas, Nitrat dan Fosfat.....	90
Tabel 28.	Nilai Produktivitas Primer Perairan pada Lokasi Sampling	94

Tabel 29. Kelimpahan Plankton (N), Keceragaman Jenis (H'), Keanekaragaman Jenis (e), Saprobik Indeks (SI) dan Tropik Saprobik Indeks (TSI)	96
Tabel 30. Nilai Saprobik Indeks (SI), Tropik Saprobik Indeks (TSI) dan Indikasinya di Perairan.....	98
Tabel 31. Kelimpahan Rata-rata Organisme Plankton Berdasarkan kelompok Saprobitas.....	99

DAFTAR ILLUSTRASI

Ilustrasi 1. Skema Alur Berpikir.....	5
Ilustrasi 2. Prosedur Interpretasi Citra Digital.....	20
Ilustrasi 3. Alur Kerja Penelitian	44
Ilustrasi 4. Reflektansi Spektral Objek Permukaan Bumi.....	48
Ilustrasi 5. Kisaran pH dan Kaitannya Dengan Kehidupan Ikan.....	74
Ilustrasi 6. Kisaran Oksigen Terlarut dan Kaitannya Dengan Kehidupan Ikan	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Peta Wilayah Pesisir Kabupaten Demak Hasil Analisis Data Citra Satelit Landsat ETM ₇₊	46
Gambar 2. Deliniasi Lahan Tambak di Kabupaten Demak Hasil Analisis Data Citra Satelit Landsat ETM ₇₊	47
Gambar 3. Peta Nilai Klorofil _α di Perairan Tambak Kabupaten Demak	54
Gambar 4. Peta Nilai Suhu Permukaan Air di Perairan Tambak Kabupaten Demak	55
Gambar 5. Peta Nilai Muatan Padatan Tersuspensi di Perairan Tambak Kabupaten Demak	56
Gambar 6. Peta Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Klorofil _α Hasil Analisis Data Citra Satelit Landsat ETM ₇₊ 7	61
Gambar 7. Peta Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Suhu Permukaan Perairan Hasil Analisis Data Citra Satelit Landsat ETM ₇₊ 7	65
Gambar 8. Peta Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Muatan Padatan Tersuspensi (MPT) Hasil Analisis Data Citra Satelit Landsat ETM ₇₊	68
Gambar 9. Peta Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan <i>Overlay</i> Nilai Klorofil _α , Suhu Permukaan Perairan, dan MPT, dari Data Citra Satelit Landsat ETM ₇₊	72
Gambar 10. Peta Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai pH	78
Gambar 11. Peta Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Oksigen Terlarut	79
Gambar 12. Peta Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Salinitas	83
Gambar 13. Peta Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Nitrat	87
Gambar 14. Peta Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Fosfat	88
Gambar 15. Peta Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai pH, DO, Salinitas, Nitrat, Fosfat	91

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pantai Utara Jawa (Pantura) merupakan salah satu wilayah pesisir di dalam rangkaian ekosistem tropis Indonesia. Ekosistem khas wilayah tropis adalah ekosistem estuarin, ekosistem mangrove (hutan bakau), ekosistem padang lamun, dan ekosistem terumbu karang, dimana pada masing-masing ekosistem tersebut terdapat biota-biota yang melimpah dengan potensinya sendiri-sendiri.

Pantura merupakan suatu lokasi dimana terjadi berbagai aktivitas yang cukup padat. Hal ini berakibat terhadap kondisi lingkungan dan selanjutnya berpengaruh pada kondisi sumberdaya di sepanjang pantai tersebut. Pemanfaatan lahan secara intensif sepanjang Pantura menyebabkan tingginya muatan padatan terlarut sehingga mengurangi kecerahan perairan, serta pencemaran yang mengakibatkan turunnya kualitas perairan.

Potensi wilayah Indonesia untuk pengembangan budidaya perikanan payau cukup luas, yaitu 4.299 juta Ha hutan bakau potensial untuk usaha pertambakan. Namun untuk menjaga keseimbangan ekosistem, hutan bakau yang dapat dimanfaatkan untuk areal pertambakan disarankan agar tidak lebih dari 20 % dari luas hutan bakau secara keseluruhan, sehingga potensi yang dimungkinkan untuk pertambakan sekitar 830 – 2000 juta Ha. (Kordi, 1997). Pantura sebagai sebagian wilayah Indonesia yang juga mempunyai hutan bakau, mengembangkan usaha pertambakan seluas 20.385 Ha. Luas lahan tambak di sepanjang pantura berturut-turut adalah sebagai berikut; Kabupaten Pati seluas 6.885 Ha, Kabupaten Brebes seluas 5.971 Ha, Kabupaten Demak seluas 4.848 Ha, Kabupaten Pemalang seluas

1.475 Ha, dan Kabupaten Jepara seluas 1.206 Ha. (Dinas Perikanan dan Kelautan, 2001)

Keberhasilan usaha pertambakan sangat ditentukan oleh pemilihan lokasi. Aspek yang perlu diperhatikan salah satunya adalah aspek perairan, yang selanjutnya akan dibahas lebih lanjut dalam tulisan ini. Suatu lahan tambak layak digunakan jika memenuhi syarat-syarat tertentu. Jika syarat-syarat tersebut tidak terpenuhi, kehidupan kultivan akan terganggu sehingga produksi tambak tidak memberikan hasil yang memuaskan. Anggoro (1983) menyatakan bahwa produksi hayati perairan tambak sangat ditentukan oleh kesuburan perairannya. Kesuburan perairan ditentukan oleh kondisi biologi, fisika, dan kimia yang nantinya akan berpengaruh pada kegunaannya. Bentuk interaksi dari sifat-sifat dan perilaku kondisi biologi, fisika dan kimia perairan akan ditentukan melalui parameter-parameter yang saling mempengaruhinya. Produksi awal yang dihasilkan dari interaksi ketiga parameter tersebut salah satunya adalah Produktivitas Primer perairan.

Produktivitas Primer adalah laju penyimpanan energi radiasi matahari oleh organisme produsen dalam bentuk bahan organik melalui proses fotosintesis. Organisme produsen disini adalah fitoplankton, dimana menurut Odum (1996) dalam tropik level suatu perairan, fitoplankton disebut sebagai produsen utama perairan. Fungsi produktivitas primer dalam suatu ekosistem merupakan suatu sistem, dimana satu parameter tidak bisa lepas dari parameter lain. Parameter-parameter tersebut antara lain, suhu, salinitas, nutrien (fosfat dan nitrat), kelarutan oksigen, muatan padatan tersuspensi (MPT), kandungan dan kelimpahan plankton, serta pencemaran.

Teknologi penginderaan jarak jauh (inderaja) adalah teknologi untuk mengetahui informasi suatu objek tanpa mengadakan kontak langsung dengan objek tersebut (Dimiyati, 1998). Perekaman data yang dilakukan oleh satelit mencakup daerah yang luas dan dapat diproses sesuai karakter atau faktor yang ingin dimunculkan.

Penggunaan inderaja untuk menganalisis kelayakan suatu perairan tambak merupakan salah satu alternatif untuk mendapatkan informasi tentang keadaan suatu lahan pertambakan. Teknologi inderaja mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan pengambilan sampel secara konvensional. Pemanfaatan teknik tersebut membantu memperoleh data lebih cepat dalam waktu bersamaan dalam areal yang luas. Data setelit tersebut dapat diproses sesuai dengan faktor yang akan ditampilkan, kemudian dimanfaatkan sebagai bekal pengelolaan lahan pertambakan. Sedangkan penerapan Sistem Informasi Geografi (SIG) diterapkan untuk menentukan sistem kesesuaian lahan berdasarkan beberapa parameter yang diperlukan.

1.2. Pendekatan Masalah

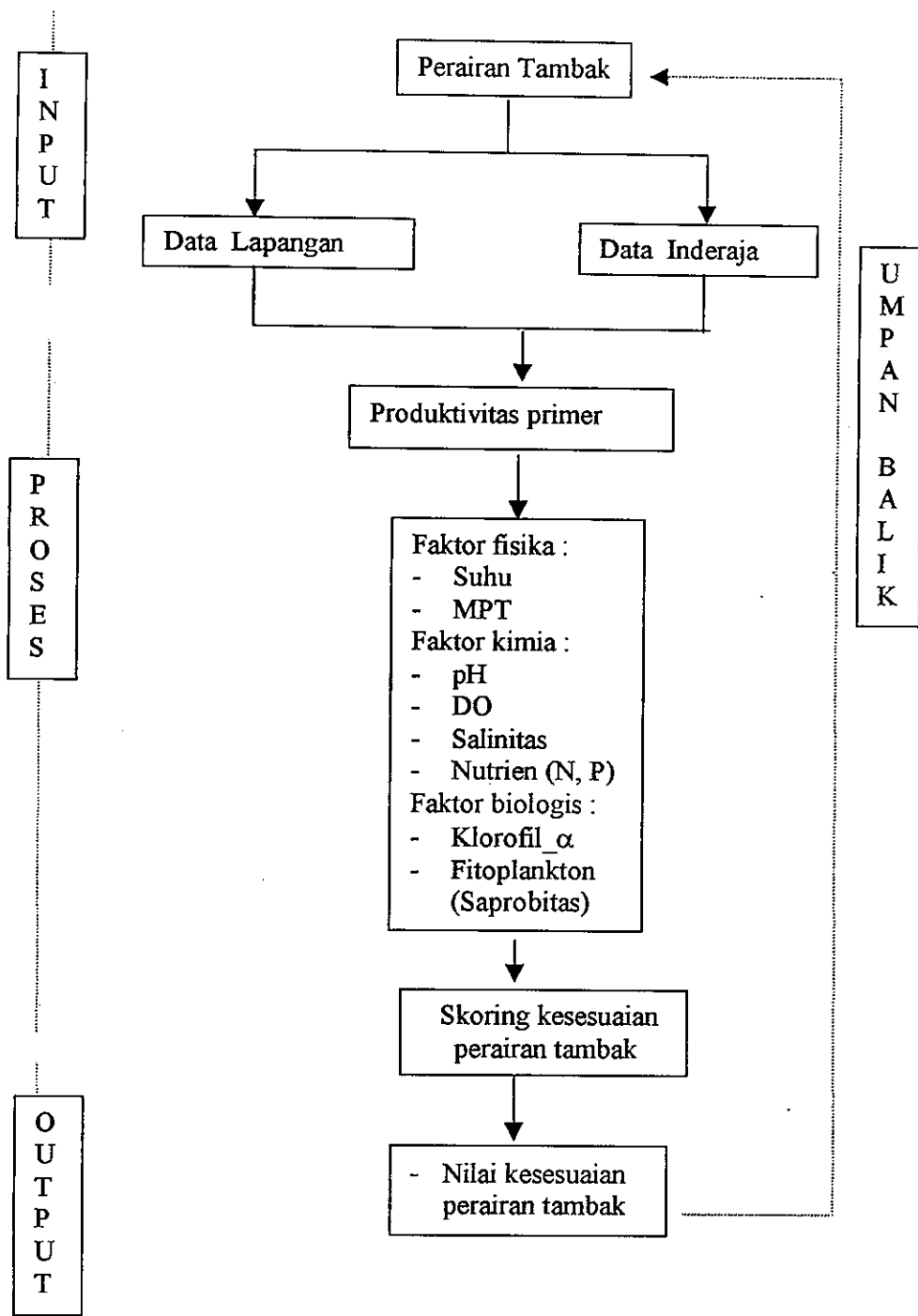
Salah satu penyebab kurang berkembangnya usaha pertambakan di Demak dewasa ini adalah kurangnya informasi dan data mengenai keadaan tambak. Hartoko (2000) mengatakan bahwa kurang berkembangnya usaha di wilayah pesisir disebabkan kurangnya data dan informasi mengenai kondisi wilayah pesisir. Data dan informasi pemetaan wilayah sangat diperlukan untuk mendorong pembangunan di berbagai sektor. Parameter-parameter kelayakan perairan tambak sangat diperlukan untuk mengolah suatu lahan pertambakan sehingga berhasil

dengan baik. Kelayakan perairan dapat dijadikan salah satu aspek untuk menduga potensi produksi perikanan tambak. Adanya pendugaan potensi produksi perikanan tambak dapat digunakan sebagai landasan pengambilan kebijaksanaan lebih lanjut.

Aktivitas manusia di berbagai sektor menyebabkan perubahan kondisi lingkungan. Hal ini berakibat turunnya daya dukung lingkungan. Hartoko (2001) mengatakan bahwa beberapa tahun terakhir ini banyak lahan pertambakan di Pantura dibiarkan tidak berproduksi atau tidak dikelola dengan baik. Namun di lain pihak nilai ekonomis produk pertambakan cukup besar. Disamping itu lahan tambak yang banyak terdapat sepanjang pantai merupakan aset dan sumberdaya yang harus dikelola dan dioptimalkan berproduksi secara lestari.

Teknologi inderaja merupakan salah satu teknologi baru di bidang perikanan. Penerapan teknologi ini melalui pendekatan parameter-parameter kelayakan lahan tambak, merupakan suatu metode yang akan dicoba diterapkan di lapangan sehingga diharapkan informasi yang akurat tentang kondisi perairan tambak, khususnya produktivitas primer perairan dapat diperoleh untuk pengembangan lahan tambak di Kabupaten Demak.

Pada penelitian ini akan coba dijawab permasalahan tentang kondisi tambak di Kabupaten Demak menggunakan teknologi pernginderaan jauh dengan batasan rentang waktu pada musim kemarau (Oktober-April)



Ilustrasi 1. Skema Alur Berpikir

1.3. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk :

1. Merumuskan beberapa formula pendugaan untuk parameter klorofil_α, suhu permukaan perairan dan Muatan Padatan Tersuspensi.
2. Menganalisis kesesuaian perairan tambak berdasarkan data citra satelit Landsat ETM7+ yaitu klorofil_α, suhu permukaan perairan, dan muatan padatan tersuspensi (MPT) serta berdasarkan data lapangan (pH, Oksigen Terlarut, Salinitas, Nitrat dan Fosfat).

1.4. Manfaat

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa :

1. Menerapkan formula pendugaan tersebut untuk menduga kandungan klorofil_α, suhu permukaan perairan, dan muatan padatan tersuspensi (MPT) di perairan tambak Kabupaten Demak.
2. Mengembangkan pengelolaan tambak di Kabupaten Demak berdasarkan kondisi masing-masing wilayah, sehingga didapatkan hasil produksi yang semakin meningkat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Tambak

Tambak adalah lahan yang digunakan untuk melakukan pemeliharaan ikan, udang fauna atau biota lainnya. Terletak tidak jauh dari laut dan air asin atau payau, merupakan campuran antara air laut dan air tawar (BPS, 1999). Penggunaan tambak untuk pemeliharaan udang maupun bandeng sudah sejak lama dilakukan. Keberhasilan usaha dalam bidang ini mampu meningkatkan devisa negara. Afrianto dan Liviawaty (1991) mengatakan bahwa salah satu faktor pendorong penanaman investasi di sektor budidaya tambak bandeng adalah permintaan komoditas bandeng baik dalam maupun luar negeri.

Salah satu langkah untuk memenuhi permintaan di pasaran adalah mengolah tambak sebaik mungkin. Pengolahan tersebut mengandung arti bahwa produksi tambak harus tetap berlangsung secara baik dan terus menerus sedangkan kelestarian alam pun terjaga. Keberhasilan produksi tambak tidak dapat lepas dari faktor-faktor alam. Suplai air tambak yang berasal dari arus pasang surut sangat terpengaruh oleh kondisi lingkungan. Jika kondisi lingkungan baik, kualitas air akan baik pula sehingga tambak memperoleh suplai air yang baik. Hal ini sangat berpengaruh pada produksi tambak.

Afrianto dan Liviawaty (1991) mengatakan keberhasilan usaha budidaya di tambak sangat dipengaruhi oleh ketersediaan lahan tambak yang memenuhi persyaratan baik fisik, kimia, maupun biologis. Namun disamping itu juga dipengaruhi oleh faktor sosial ekonomi masyarakat di sekitarnya. Untuk

memperoleh lahan yang memenuhi syarat haruslah dilakukan penelitian-penelitian tentang kualitas lahan yang diinginkan.

Idel dan wibowo (1986) mengatakan dari 6 juta ha luas hutan bakau di Indonesia, baru 5 % yang dimanfaatkan sebagai lahan pertambakan, yaitu seluas 208.695 ha. Sedangkan pada tahun 1987 luas hutan mangrove yang digunakan untuk lahan tambak meningkat hingga mencapai 240.000 ha dan produksi rata-rata 200-400 kg/ha.

Afrianto dan Liviawaty (1991) mengatakan bahwa pada prinsipnya lahan yang digunakan dalam usaha pertambakan harus memenuhi persyaratan fisika, kimia, biologis, teknis, sosial-ekonomi, higienis, dan legal. Terdapat 4 aspek utama yang perlu diperhatikan sebagai kriteria dalam penentuan lokasi tambak. Keempat aspek tersebut adalah :

1. Aspek ekologis; meliputi iklim, pasang surut, arus air, kuantitas dan kualitas air. Sedangkan kualitas air itu sendiri meliputi kadar oksigen terlarut / *dissolved oxygen (DO)*, pH, salinitas, suhu, nutrien, dan kecerahan.
2. Aspek tanah. Kordi (1997) menjelaskan bahwa tanah tambak umumnya terdiri dari hasil endapan sehingga kesuburannya sangat ditentukan oleh jenis dan material yang diendapkannya. Parameter yang dapat dijadikan indikator dalam menentukan kualitas tanah adalah topografi, tekstur tanah, pH tanah, unsur hara dan kandungan bahan organik.
3. Aspek Biologis; meliputi sumber benih, sifat organisme, organisme lain, serta vegetasi dan kelestarian lingkungan.

4. Aspek Sosial Ekonomis; meliputi status lahan, perijinan, transportasi, tenaga kerja, ketersediaan alat, ketersediaan pasar, kondisi masyarakat dan dukungan pemerintah.

2.1.1. Tambak di Kabupaten Demak

Kabupaten Demak adalah salah satu kabupaten di daerah pesisir utara Pulau Jawa yang memiliki karakteristik yang hampir sama dengan pesisir utara Pulau Jawa lainnya. Berdasarkan pemerintah Kabupaten Demak, 2001 wilayah Kabupaten Demak terletak pada koordinat $6^{\circ}43'26''$ dan $7^{\circ}09'43''$ LS dan $110^{\circ}27'58''$ BT – $110^{\circ}48'47''$ BT, dengan luas wilayah administrasi 89.743 Ha. Secara administratif dibatasi oleh :

- Utara : Kabupaten Jepara dan Laut Jawa
- Timur : Kabupaten Kudus dan Kabupaten Grobogan
- Selatan : Kabupaten Grobogan dan Kabupaten Semarang
- Barat : Laut Jawa dan Kodya Semarang

Daerah Kabupaten Demak terdiri dari 13 kecamatan, dimana 4 buah kecamatan mempunyai kawasan pantai. Keempat kecamatan tersebut adalah Kecamatan Wedung, Kecamatan Bonang, Kecamatan Karang Tengah dan Kecamatan Sayung. Total panjang pantai adalah 34,1 km dan memiliki hutan mangrove seluas 68,2 ha. (Dinas Perikanan dan Kelautan Kab. Demak, 2001).

Menurut Dinas Perikanan dan Kelautan (2001) Kabupaten Demak memiliki petani tambak sejumlah 2.616 orang, luas lahan tambak 4.848 ha, dengan produksi 3.971,8 ton dengan nilai produksi Rp. 49.667.423.000,00. Adapun data tentang luas lahan tambak dan produksinya dapat dilihat pada Tabel berikut :

Tabel. 1. Luas Lahan Tambak, Produksi dan Nilai Produksi Tahun 1995- 1996 di Kabupaten Demak

Tahun	Luas lahan tambak* (ha)	Produksi* (ton)	Nilai Produksi* (x Rp. 1000,00)	Nilai Ekspor Udang (ribu US \$)**
1995	2.518	2.075,1	14.633.866	1.037.005
1996	4.653	2.047,5	8.773.097	1.017.892
1997	4.563	3.355,4	17.466.190	1.011.135
1998	4.681	3.584,1	37.458.795	1.011.466
1999	5.171	3.971,8	49.667.423	888.982

Sumber : * = BPS Prop. Jawa Tengah, 2000

** = Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Demak 2001

Luas lahan tambak pada masing-masing kecamatan dapat dilihat pada Tabel 2 berikut :

Tabel 2. Luas Lahan Tambak pada Masing-masing Kecamatan di Kabupaten Demak.

Kecamatan	Luas lahan tambak (ha)
Sayung	7.869
Karangtengah	5.154
Bonang	8.323
Wedung	9.876

Sumber : BPS Kab. Demak, 2000

2.1.2. Produktivitas Primer Perairan Tambak

Kehidupan yang terjadi di suatu perairan diawali dengan adanya suatu produktivitas primer. Produktivitas primer adalah kemampuan untuk menghasilkan bahan organik dari bahan anorganik dengan bantuan klorofil dan sinar matahari. Fitoplankton merupakan organisme yang mempunyai peranan penting dalam hal ini karena kandungan klorofil yang dimilikinya. Produktivitas primer suatu perairan merupakan serangkaian proses dimana terjadi keterkaitan

antara satu parameter dengan parameter lainnya. Parameter-parameter yang berperan dalam produktivitas primer antara lain :

a. Aspek Fisika

1. Suhu permukaan air

Suhu merupakan salah satu faktor yang berperan penting dalam pertumbuhan dan kehidupan organisme. Suhu optimal untuk pertumbuhan organisme di tambak yaitu berkisar antara 27 – 29 °C (Cholik, 1988). Organisme akan hidup baik pada kisaran suhu optimal. Suhu air berpengaruh langsung pada metabolisme kultivan dan secara tidak langsung berpengaruh pada kelarutan oksigen.

2. Muatan Padatan Tersuspensi (MPT)

MPT berasal dari zat organik dan anorganik. Komponen organik terdiri dari fitoplankton, zooplankton, bakteri dan organisme renik lainnya. Sedangkan komponen anorganik terdiri dari detritus dan partikel-partikel anorganik. Cholik (1988) mengatakan bahwa kekeruhan karena plankton selama tidak berlebihan umumnya dikehendaki bagi tambak. Sedangkan kekeruhan karena detritus akan mengganggu pernafasan. Lebih lanjut MPT berpengaruh pada penetrasi cahaya matahari sehingga mempengaruhi kualitas air karena produktivitas primer berlangsung baik jika penetrasi cahaya matahari cukup.

b. Aspek kimia

1. pH

pH yang digunakan dalam tambak sebaiknya cenderung agak basa. pH optimum bagi kehidupan udang windu dan ikan bandeng adalah 8,5 – 9 (Kordi, 1997). pH yang terlalu rendah akan menurunkan bobot kultivan, sedangkan pH yang terlalu tinggi akan meningkatkan racun amonia dalam perairan (Cholik, 1988). Pendapat yang serupa dikemukakan oleh Ahmad, et al (1998) bahwa pH optimum bagi

kehidupan ikan bandeng adalah 6,5 – 9 sedangkan pada pH 4-5 tidak ada reproduksi dari organisme dan pH 11 merupakan titik mati alkalis. Secara umum pH termasuk sebagai faktor yang berpengaruh langsung terhadap perairan (*directive factor*), dimana pengaruhnya berhubungan langsung terhadap metabolisme organisme. (Gerking, 1978).

2. Oksigen Terlarut (*Dissolved oxygen / DO*)

Oksigen terlarut merupakan faktor yang sangat penting bagi kehidupan organisme dimana faktor ini selalu menjadi faktor pembatas utama dalam kolam budidaya. Kelarutan oksigen dalam air digunakan untuk respirasi organisme dan dekomposisi bahan organik dalam perairan. Kelarutan oksigen diperoleh dari difusi air dan hasil fotosintesis. Kadar oksigen terlarut yang sesuai bagi organisme perairan adalah 5-8 ppm (Cholik, 1988). Achmad, et al (1989) juga mengatakan bahwa kisaran oksigen yang diperlukan oleh ikan adalah diatas 5 ppm. Perubahan DO menyebabkan perubahan kondisi lingkungan sehingga mengubah pengaturan metabolisme tubuh organisme secara langsung, sehingga DO dimasukkan sebagai faktor langsung (*directive factor*) (Gerking, 1978). Selanjutnya DO juga dikategorikan sebagai faktor pembatas yang penting (*limiting factor*), dimana tanpa ketersediaan oksigen terlarut dalam air, kehidupan organisme tidak berlangsung.

3. Salinitas

Salinitas sangat berpengaruh dalam proses osmoregulasi organisme perairan. Salinitas yang terlalu tinggi dan terlalu rendah dapat mengakibatkan terganggunya tekanan osmotik kultivan. Gerking, 1978 mengatakan bahwa perubahan salinitas menyebabkan stress bagi organisme. Fry, 1971 dalam Gerking, 1978 mengatakan bahwa salinitas digolongkan sebagai *masking factor* karena perubahannya menyebabkan perubahan metabolisme organisme. Salinitas optimum bagi

kehidupan udang windu adalah 12 – 30‰, sedangkan bagi ikan bandeng adalah 15 – 33 ‰ (Kordi, 1997).

4. Nitrat dan Phosphat

Nitrogen merupakan nutrisi yang penting dalam perairan. Nutrien ini digunakan dalam beberapa proses seperti fotosintesis, sintesis protein dan penyusunan gen serta pertumbuhan organisme (Weaton, 1977 dalam Oktora, 2000). Hal yang sama dikemukakan oleh Asih, 2002 bahwa nitrogen adalah salah satu nutrisi yang diperlukan oleh tanaman air dalam proses fotosintesis.

Phosphat merupakan salah satu unsur potensial dalam pembentukan protein dan metabolisme sel. Liao (1969) dalam Wardoyo (1982) mengatakan bahwa kandungan ortophosphat yang terlarut dalam air dapat menunjukkan kesuburan perairan. Lebih lanjut perairan dikatakan baik jika mempunyai kandungan phosphat lebih dari 0,051 ppm. (Joshimura dalam Wardoyo, 1982). Hukum Liebig's mengatakan bahwa pertumbuhan dibatasi oleh nutrisi yang sedikitnya ada dalam rentang yang dibutuhkan. Kondisi yang mendekati toleransi batas terendah bagi suatu organisme disebut *limiting factor* (faktor pembatas) (Odum, 1996).

c. Aspek biologis

1. Klorofil_α

Klorofil mempunyai rumus $C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$ dengan atom Mg sebagai pusatnya. Tiga macam klorofil yang umum terdapat dalam tumbuhan adalah klorofil_α, klorofil_b dan klorofil_c. klorofil_α merupakan klorofil yang paling banyak terdapat dalam fitoplankton dan merupakan bagian yang terpenting dalam proses fotosintesis (Asih, 2002). Sebagian fitoplankton yang hidup di laut banyak mengandung klorofil_α

tersebut. (Nontji, 1974 . Oleh karena itu nilai klorofil_α berhubungan erat dengan produktivitas primer perairan.

2. Plankton

Menurut jenisnya plankton terbagi menjadi dua yaitu fitoplankton dan zooplankton. Fitoplankton adalah organisme renik yang dapat berfotosintesis karena mengandung klorofil. Fitoplankton berperan sebagai penghasil O₂ dan sebagai makanan bagi zooplankton. Karena itu, dalam jumlah yang tepat fitoplankton berperan penting dalam produktivitas primer perairan. Wardoyo (1982) mengatakan bahwa kesuburan perairan ditentukan oleh kemampuan perairan tersebut untuk menghasilkan bahan organik dari bahan anorganik. Salah satu cara untuk mengetahuinya adalah dengan mengukur kelimpahan plankton.

Saprobitas perairan adalah keadaan kualitas air sebagai akibat adanya penambahan bahan organik yang dapat membusuk yang digambarkan oleh jumlah dan susunan species organisme yang hidup didalamnya. Plankton dapat digunakan untuk mengetahui kualitas pencemaran suatu perairan yang dinyatakan dalam Saprobik Indeks (SI) dan Tropik Saprobik Indeks (TSI). Identifikasi plankton dilakukan untuk mengetahui jenis plankton yang mampu hidup di perairan tersebut. Selanjutnya jenis-jenis plankton tersebut dikelompokkan berdasarkan kelompok saprobitas perairan, yaitu perairan polysaprobik, α-mesosaprobik, β- mesosaprobik, atau oligosaprobik.

2.1.3. Evaluasi Lahan

Evaluasi lahan adalah suatu proses pendugaan potensi lahan yang telah dipertimbangkan menurut kegunaannya dan membandingkan serta menginterpretasikan serangkaian data. Tujuan yang ingin dicapai adalah untuk mengetahui kondisi lahan

berdasarkan parameter-parameter tertentu. Evaluasi lahan pada penelitian ini adalah evaluasi kelayakan perairan tambak berdasarkan produktivitas primer perairan yang mempunyai berbagai parameter seperti suhu, oksigen terlarut (DO), pH, salinitas, MPT, kandungan zat hara dan lain lain. Proses penilaiannya adalah menggunakan sistem bobot dan skoring berdasarkan kepentingannya terhadap suksesnya budidaya tambak.

Hasil yang diperoleh adalah tingkat kesesuaian lahan tambak menjadi 5 kelas yaitu Sangat Sesuai (S1), Sesuai (S2), Sesuai Bersyarat (S3), Tidak Sesuai (TS1) dan Sangat Tidak Sesuai (TS2). Lahan tambak dikatakan Sangat Sesuai jika lahan ini tidak memiliki faktor pembatas yang berarti untuk suatu penggunaan lestari, Sesuai jika memiliki faktor pembatas yang dapat mengurangi tingkat produksi, namun faktor pembatas tersebut masih dapat diatasi. Sedangkan lahan tambak dikatakan Sesuai Bersyarat jika lahan tersebut memiliki faktor pembatas yang besar untuk mempertahankan tingkat pengelolaan yang harus diterapkan, Lahan yang memiliki tingkat kesesuaian Tidak Sesuai yaitu lahan yang memiliki faktor pembatas besar untuk mempertahankan tingkat pengelolaan yang harus diterapkan, adapun lahan yang memiliki tingkat kesesuaian Sangat Tidak Sesuai adalah lahan yang disarankan untuk tidak dikelola karena faktor pembatasnya bersifat permanen. (Suwargana, 2001)

2.2. Penginderaan Jarak Jauh (Inderaja)

Penginderaan jauh atau *remote sensing* adalah teknik dan seni yang menggunakan gelombang elektromagnetik sehingga dapat dibangun relasi antara flux yang ditangkap oleh sensor dengan sifat fisik objek. Danoedoro (1996) mendefinisikan inderaja sebagai ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) perolehan, pengolahan, dan analisis data untuk mengetahui karakteristik suatu objek tanpa menyentuh objek itu sendiri. Saat ini metode inderaja sudah menggunakan satelit yang mengorbit bumi.

(Dahuri, 1996). Konsep dasar penginderaan jauh terdiri atas beberapa elemen yaitu sumber tenaga, atmosfer, interaksi tenaga dengan objek di permukaan bumi, sensor, sistem pengolahan data, dan berbagai pengguna data. Objek menerima gelombang elektromagnetik dari matahari, diterima oleh satelit pembawa sensor. Oleh satelit pembawa sensor dikirimkan ke stasiun penerima yang ada di bumi dan dihasilkan data digital. Data digital inilah yang diolah oleh pengguna sesuai dengan kebutuhannya. Susilo (1994) mengatakan bahwa Indonesia saat ini telah memasuki era operasionalisasi penginderaan jauh dengan sasaran menjadikan inderaja suatu industri jasa teknologi tinggi di Indonesia.

Penggunaan inderaja meningkat pesat pada empat dasa warsa terakhir. Peningkatan penggunaan inderaja dilandasi oleh beberapa alasan antara lain:

1. Citra inderaja merupakan gambaran yang terekam oleh sensor untuk menggambarkan karakteristik fisik suatu objek di permukaan bumi, sedemikian rupa sehingga dapat dibangun suatu relasi antara nilai reflektansi dengan sifat fisik objek tersebut.
2. Karakteristik objek yang tampak dapat diwujudkan dalam bentuk citra, sehingga diwujudkan pengenalan objeknya. Misalnya terumbu karang, vegetasi mangrove, tambak, dan lain-lain.
3. Mempunyai cakupan data yang luas sehingga dapat menjangkau daerah yang terpencil.

2.2.1. Satelit Landsat_ETM7+

Landsat merupakan program dari lembaga kedirgantaraan Amerika Serikat (NASA) yang bertujuan memantau sumberdaya alam. Peluncuran Landsat pertama kali pada tahun 1972 dengan nama *Earth Resources Technology Satellite*. Pada tahun 1975 berganti nama menjadi *Land Satellite (Landsat)*. (Pentury, 1997). Hingga tahun 1991, Satelit Landsat telah sampai pada Landsat-5 dan pada tanggal 15 Desember 1998 Landsat-7 telah diluncurkan menggantikan Landsat-6 yang gagal mengorbit.

Landsat ETM_7+ merupakan sistem Landsat baru dengan sensornya ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) yang dirancang untuk menggantikan sensor TM (*Thematic Mapper*) pada Landsat 4 dan 5 yang sudah habis masa edarnya, dan sensor ETM pada Landsat 6 yang gagal mengorbit. Sensor ETM + ditambah dengan dua sistem model kalibrasi untuk gangguan radiasi matahari (*dual mode solar calibrator system*) dengan penambahan lampu kalibrasi untuk fasilitas koreksi geometrik. Sensor ETM+ juga di desain untuk dapat merekam citra multispektral dengan 6 saluran seperti pada sensor TM yaitu menggunakan panjang gelombang tampak (*visible*), infra merah dekat, infra merah tengah dengan resolusi spasial 30 meter. Sedangkan 1 saluran termal dengan resolusi diperbaiki menjadi 60 meter dan 1 saluran pankromatik dengan resolusi 15 meter (Purwadhi, 2001)

a. Cara Kerja Citra Satelit Landsat ETM7+

- Prosedur Interpretasi Citra Digital

Analisis dan interpretasi citra digital dapat dikelompokkan dalam tiga prosedur operasional, yaitu :

1. Pra pengolahan data

a. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik diperlukan atas dasar 2 alasan, yaitu untuk memperbaiki kualitas visual citra dan memperbaiki nilai pixel yang tidak sesuai dengan nilai pantulan atau pancaran spektral objek yang sebenarnya (Danoedoro, 1996). Selanjutnya Purwadhi (2001) menyatakan koreksi radiometrik merupakan perbaikan akibat cacat atau kesalahan radiometrik, yaitu kesalahan pada sistem optik, karena gangguan energi radiasi elektromagnetik pada atmosfer dan kesalahan karena pengaruh sudut elevasi matahari.

b. Koreksi Geometrik

Soesilo (1996) menjelaskan, tujuan dari pengolahan ini adalah untuk memperbaiki kualitas citra yang mengalami distorsi atau gangguan geometrik yang disebabkan oleh tidak stabilnya posisi satelit pengindera maupun suatu kenyataan bahwa wujud permukaan bumi yang cembung namun harus dipetakan dalam wujud datar. Secara lebih rinci koreksi geometrik mempunyai 3 tujuan yaitu :

1. Melakukan rektifikasi (pembetulan) agar koordinat citra sesuai dengan koordinat geografi
2. Registrasi atau mencocokkan posisi citra dengan citra lain.

3. Registrasi citra ke peta atau transformasi koordinat citra ke peta yang menghasilkan citra dengan sistem proyeksi tertentu.

Transformasi geometri yang paling mendasar adalah penempatan kembali posisi piksel sedemikian rupa, sehingga pada citra digital yang tertransformasi dapat dilihat gambaran objek di permukaan bumi yang terekam sensor. Perubahan bentuk kerangka liputan dari bujursangkar menjadi jajaran genjang merupakan hasil dari transformasi ini (Danoedoro, 1996)

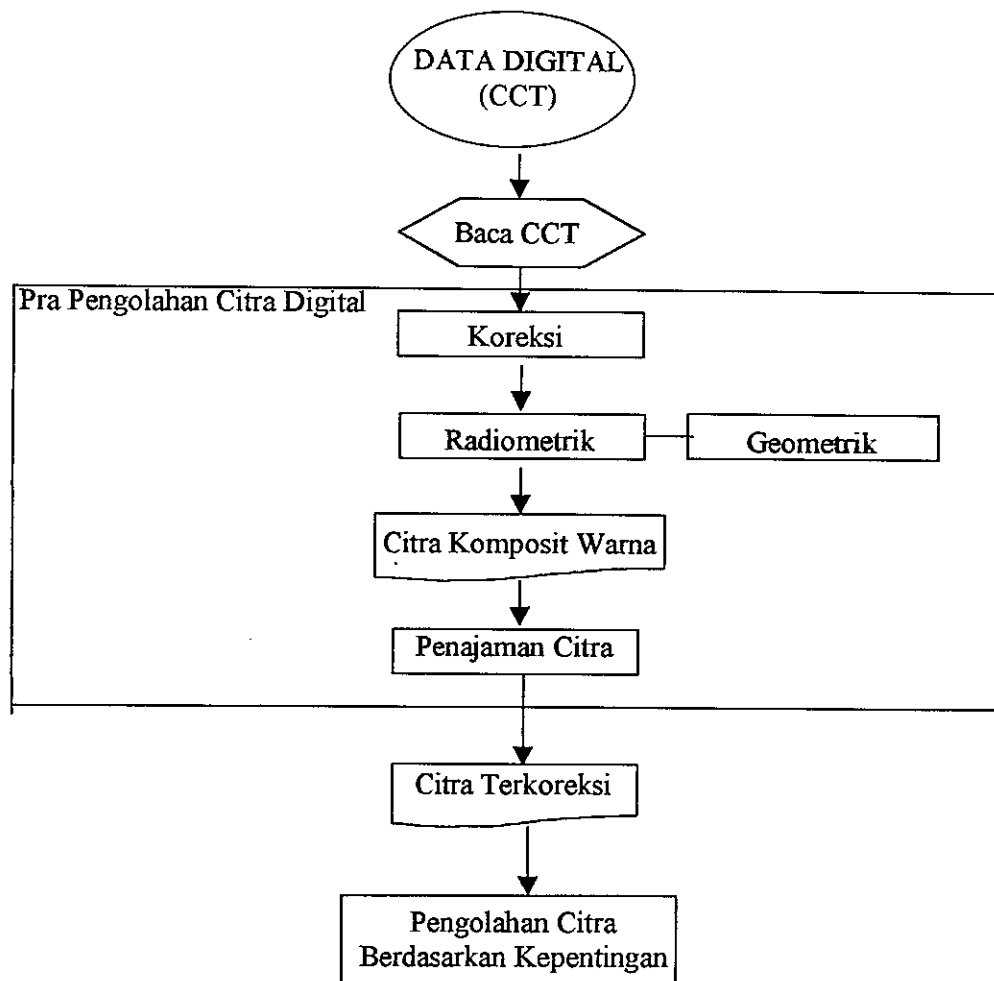
2. Pembuatan citra komposit warna.

Tujuan dari citra komposit warna adalah memperjelas tampilan objek yang diinginkan. Citra komposit warna adalah kombinasi band-band yang dipakai dalam pemrosesan data citra, dimana pemilihan kombinasinya disesuaikan dengan objek yang akan diamati dengan jalan memainkan citra komposit warna. Citra komposit warna dilakukan dengan cara meletakkan 3 buah filter yaitu warna *Red*, *Green*, dan *Blue* secara tumpang tindih. Misalnya untuk melihat kenampakan yang sama dengan kenampakan di alam digunakan kombinasi band *Red:Green:Blue* adalah 5:4:2.

3. Penajaman citra.

Purwadhi, 2001 mengatakan, penajaman citra bertujuan untuk meningkatkan mutu citra, baik untuk memperoleh keindahan gambar maupun untuk kepentingan analisis citra. Operasi penajaman dimaksudkan untuk mempertajam kontras yang tampak pada ujud gambaran yang terekam dalam citra.

Mengenai rangkaian prosedur interpretasi citra digital dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.



Ilustrasi 2. Prosedur Interpretasi Citra Digital (Purwadi, 2001)

Menurut Purwadi, 2001 pengumpulan data penginderaan jauh dilakukan menggunakan alat pengindra atau pengumpul yang disebut sensor. Berbagai sensor pengumpul data dipasang pada berbagai wahana, salah satunya adalah satelit. Data penginderaan jauh dapat berupa data citra, grafik dan data numerik, dimana data ini dapat dianalisis untuk mendapatkan informasi tentang objek, daerah ataupun fenomena yang diteliti. Analisis data penginderaan jauh dilakukan

dengan penggabungan berbagai data seperti peta tematik, data statistik dan data lapangan.

Data yang direkam oleh sensor dalam bentuk sinyal analog diubah dalam bentuk sinyal digital oleh alat pengubah yang ada dalam satelit. Data ini ditransmisikan ke stasiun penerima di bumi melalui antena parabolik. Data Landsat_ETM_7+ merupakan kumpulan informasi dari refleksi gelombang elektromagnetik terhadap berbagai objek. Setiap band mempunyai karakteristik spektral yang berbeda-beda dalam memberikan informasi.

Menurut Purwadhi, 2001 interaksi tenaga dengan objek atau benda sesuai dengan asas kekekalan tenaga. Ada tiga interaksi apabila tenaga mengenai suatu benda yaitu dipantulkan, diserap, dan diteruskan atau ditransmisikan. Hubungan timbal balik antara tiga interaksi tersebut merupakan fungsi panjang gelombang, sebagai berikut :

$$E = E_p + E_s + E_t$$

Dimana :

E = Tenaga yang mengenai benda

E_p = Tenaga yang dipantulkan

E_s = Tenaga yang diserap

E_t = Tenaga yang diteruskan atau ditransmisikan

Besarnya tenaga pantulan, serapan dan transmisi akan berbeda untuk setiap objek di permukaan bumi, tergantung pada jenis materi dan kondisinya.

Informasi mengenai objek permukaan bumi yang direkam oleh Landsat dapat diekstraksi melalui metode tertentu sesuai dengan kebutuhan.

Gaol, 1997 menjelaskan bahwa Landsat_TM adalah jenis satelit sumber daya alam yang pada awalnya ditujukan untuk kepentingan sumber daya alam yang ada di darat. Dalam perkembangannya ternyata sensor *Thematic Mapper (TM)* dapat juga diaplikasikan untuk sumber daya kelautan.

Sistem sensor ETM_7+ terdiri dari 7 band yang bekerja pada panjang gelombang 0,45 – 12,50 μm .

Karakter Sensor Landsat ETM_7+ (: Lillesand and Kiefer, 1997)

- Ketinggian orbit : 705 km
- Dimensi : Berat 2200 kg, ukuran 2m x 4m
- Tipe orbital : Sinkron matahari, hampir polar
- Waktu melewati garis equator : 09.45
- Waktu satu rotasi : 98,9 menit
- Total orbit per hari : 14
- Pengilangan cakupan : tiap 16 hari
- Sudut inklinasi : $98,22^{\circ}$
- Lebar sapuan sensor : 185 km

Tabel 3. Karakteristik Sensor Landsat_TM

Band	Panjang Gelombang (μm)	Resolusi Spasial	Jenis Citra	Aplikasi
1	0,45 - 0,52	30	Visual biru	Pemetaan vegetasi pantai
2	0,52 - 0,60	30	Visual hijau	Pembedaan vegetasi dan tanah
3	0,60 - 0,69	30	Visual merah	Reflektansi hijau oleh vegetasi sehat
4	0,76 - 0,90	30	Near IR	Penyerapan klorofil untuk pembeda species tumbuhan
5	1,55 - 1,75	30	Middle IR	Survey biomass dan badan air
6	10,40 - 12,50	60	Thermal IR	Pengukuran indeksvegetasi
7	2,08 - 2,35	30	Middle IR	Pengukuran panas tumbuhan
8	0,52 - 0,90	15		Pemetaan suhu permukaan laut
				Pemetaan hidrothermal
				Resolusi spasial yang relatif lebih tinggi dan digunakan untuk aplikasi yang memerlukan akurasi tinggi

Sumber : Lillesand and Kiefer, 1997

2.2.2. Aplikasi Inderaja Untuk Pemetaan Wilayah dan Sumberdaya Pesisir

Parameter kelayakan lahan tambak yang dapat dilihat melalui inderaja adalah klorofil-a, Muatan Padatan Tersuspensi (MPT) dan suhu permukaan perairan. Parameter tersebut didapat dari data citra satelit Landsat_TM, kemudian dilakukan *cross check* dengan data lapangan. Melalui metode ini dapat diketahui sejauh mana aplikasi inderaja terhadap parameter ekologis lahan tambak, yang selanjutnya dapat digunakan untuk menganalisis kelayakan lahan tambak.

a. Klorofil_α

Pemetaan sebaran klorofil_α di laut pada dasarnya dapat dilakukan dengan berbagai citra satelit antara lain yaitu Landsat_TM dan ETM7 dengan resolusi citra 30 m (Hartoko, 2001). Salah satu konsep dasar dalam pengolahan citra klorofil_α adalah “index vegetasi” dengan data Landsat_TM. Konsep vegetation index yang umum diketahui adalah algoritma NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) menggunakan band 3 dan band 4. Bentuk persamaan dasar konsep vegetation index adalah : $NDVI = \frac{B3 - B4}{B3 + B4}$

Konsep ini berdasar asumsi bahwa algoritma tersebut membandingkan citra reflektansi klorofil pada band 3 terhadap reflektansi pada band 4. Selanjutnya untuk proses validasi dengan konsentrasi klorofil sebenarnya di bumi/laut digunakan persamaan :

$$\text{klorofil}_\alpha = a + b (\text{cv_NDVI}),$$

dimana cv = cell value pada logaritma NDVI.

Beberapa algoritma yang pernah dilakukan adalah alogaritma citra klorofil perairan seperti Ekstrand (1992), dimana pada konsep ini menggunakan logaritmik_rationing data band_1 dan band_3 dengan bentuk persamaan $C = 116,78 - 31,19 (B1 / \log B3 + 1)$, Algoritma Pentury (1997): $C = 2,3868 (B2/B1) - 0,4671$, Algoritma klorofil_α Hartoko (2001), modifikasi dari algoritma Tassan (1987): $\log C = 0,74 - 2,43 \log (B2/B4)$, dan Algoritma klorofil_α Hartoko (2001), modifikasi dari algoritma Ekstrand (1992): $C = 116,78 - 31,19 (B2 / \log B4 + 1)$ serta masih terdapat beberapa algoritma yang lain dari beberapa peneliti. Menurut Robinson (1985) dalam Pentury (1987) algoritma pendugaan

konsentrasi klorofil_α biasanya menggunakan rasio band. Pemilihan band yang sesuai untuk pengembangan model algoritma dilakukan dengan cara meregresikan data dari band yang potensial menduga konsentrasi klorofil-a dengan pengukuran insitu dari parameter kualitas air.

b. Suhu Permukaan Perairan

Satelit Landsat ETM7+ mempunyai sensor yang dapat merefleksikan suhu. Sensor tersebut adalah band₆, dimana band 6(*low*/1) untuk merefleksikan suhu perairan sedangkan band 6(*high*/2) untuk merefleksikan suhu darat. Penelitian terdahulu oleh Lemigas, 2000 merumuskan algoritma untuk menentukan suhu permukaan laut menggunakan band 6 sebagai berikut :

$$\text{Suhu (}^{\circ}\text{C)} = 16,32301 + 0,41632 * b_6$$

c. Muatan Padatan Tersuspensi (MPT)

Salah satu cara pemetaan pola sebaran dan analisa kuantitatif tingkat kekeruhan dan MPT di perairan adalah melalui algoritma turbidity menggunakan band 1 dan band 2 pada data Landsat_{TM}. Salah satu bentuk algoritma turbidity perairan ER_Mapper Manual, 1995 dalam Hartoko, 2001 adalah :

$$T_u = - 24,47 + (1,03 \times B_1) - (1,65 \times B_2) + (1,46 \times B_3) + (0,30 \times B_4)$$

Serta oleh Yudianto dan Hartoko (1996)

$$\text{MPT} = 161,1629 - 14,4619(B_2) + 1,39262(B_1)(B_2) - 0,625(B_1)^2.$$

Rumus ini telah diuji validasinya dengan jalan diregresikan dengan data lapangan. Hasil uji tersebut mendapatkan nilai R 0,78 (Yudianto, et.al dalam Hartoko, 2001^b).

2.3. Sistem Informasi Geografis (SIG)

Sistem Informasi Geografis (SIG) merupakan suatu sistem pengolahan data yang dapat mengolah data-data geografis atau data-data yang memiliki informasi yang bersifat keruangan atau spasial yang dihubungkan satu sama lain sehingga akan didapatkan informasi baru. Semua data yang akan digunakan dalam SIG harus terlebih dahulu dibuat basis data spasialnya sehingga seluruh informasi akan berupa layer-layer informasi spasial, sehingga dapat ditumpangtindihkan (*overlay*) satu dengan yang lain.

Data penginderaan jauh memberikan manfaat dapat melihat kenampakan akan bumi, kemudian diklasifikasikan sesuai dengan penggunaan lahan. Hasil klasifikasi tersebut kemudian diubah ke dalam format SIG yaitu menjadi vektor. Data tersebut kemudian diintegrasikan dengan data vektor lain hasil digitasi dari informasi geografis lainnya. (Suwargana, 2001)

Data penginderaan jauh, khususnya data satelit, mempunyai peranan penting dalam SIG, karena data tersebut merupakan dasar informasi mengenai penutupan maupun penggunaan lahan yang sesuai dengan keadaan sebenarnya.

BAB III

METODOLOGI

3.1. Bahan penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Perairan tambak di Kabupaten Demak, yaitu di Kecamatan Sayung, Kecamatan Karangtengah, Kecamatan Bonang dan Kecamatan Wedung.

Koordinat batas wilayah penelitian yaitu :

- 110° 30' LS, 6° 42' BT
- 110° 40' LS, 6° 55' BT

Tambak yang diambil sebagai sampel dalam penelitian ini adalah tambak tradisional dengan jenis kultivan adalah ikan bandeng. Tambak tradisional adalah usaha pemeliharaan tambak yang sebagian besar pengelolaannya tergantung pada kondisi alam, seperti makanan alami dan tanpa bantuan peralatan tambahan.

2. Data Citra Satelit Landsat ETM 7 + Path/Row 120/65 tanggal 2 April 2003 yang dipotong (*cropping*) sesuai dengan lokasi sampel daerah penelitian.
3. Peta Rupa Bumi Kabupaten Demak, skala 1:50.000 dan Peta Wilayah Pesisir Kabupaten Demak, skala 1:25.000, keduanya diperoleh dari Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional (BAKORSURTANAL)

3.2. Peralatan

Tabel 4. Peralatan yang Digunakan dalam Penelitian

No	Alat	Kegunaan	Ketelitian
1.	Komputer dan Software Er- Mapper 5.5	Pengolahan data citra satelit Landsat_TM	
2.	Software Arc Info 3.5, Arc View 3.2 dan AutoCad, 2000	Pengolahan Sistem Informasi Geografis	
3.	Global Positioning System (GPS)	Mengetahui koordinat titik sampling di lapangan	
4.	Termometer air raksa	Mengukur suhu air	0,1°C
5.	pH meter	pH air	
6.	Refraktometer	Mengukur salinitas	1 ‰
7.	DO meter	Oksigen terlarut (DO)	0,1 ppm
8.	Spektrofotometer	Mengukur kandungan nitrat, fosfat, dan klorofil_a	0,1 ppm
9.	Berbagai zat kimia dan peralatan laboratorium	Mengukur kandungan nitrat, fosfat, dan klorofil_a	
9.	Botol sampel, botol gelap-terang	Mengambil sampel air	
10.	Mikroskop monokuler, sedgewick rafter, dan buku identifikasi plankton	Identifikasi dan menghitung kelimpahan plankton	
11.	Global Positioning System (GPS)	Mengetahui koordinat lapangan	

3.3. Cara Penelitian

Konsep dasar dalam penelitian ini adalah memadukan analisa citra satelit Landsat_TM dan pengukuran langsung beberapa parameter produktivitas primer lahan tambak, sehingga dihasilkan suatu model dasar peta tematik. Peta tematik yang dihasilkan diolah berdasarkan bobot dan skor untuk mencari kesesuaiannya.

Metode yang digunakan adalah eksperimental lapangan, yaitu memperoleh data dengan jalan melakukan percobaan di lapangan. (Hadi, 1982).

3.3.1. Prosedur Pengambilan Sampel Lapangan

Stasiun pengambilan sampel dilakukan secara acak dengan mencatat setiap posisi dengan bantuan alat penentu posisi, yaitu *Global Positioning System* (GPS). Pengambilan sampel dilakukan sesuai dengan jadwal lintasan Satelit Landsat ETM 7+ pada tanggal 20 April 2003, dimana saat ini diasumsikan mewakili musim kemarau.

1. Produktivitas Primer Perairan

- Mengisi botol sampel gelap dan terang dengan air sampel.
- Merendam dalam air pada kedalaman dimana sinar matahari masih dapat masuk.
- Menunggu 6 jam
- Menghitung kandungan DO botol gelap dan botol terang

Produktivitas primer kotor didapatkan dari inkubasi botol gelap-terang oleh Cox, 1972

$$GP = \frac{BT - BG}{X} \times 0,375 \times \frac{1000}{PQ}$$

GP = Produktivitas primer kotor (mgC/m³/jam)

BT = Kadar oksigen terlarut dalam botol terang setelah inkubasi (mg/l)

BG = Kadar oksigen terlarut dalam botol gelap setelah inkubasi (mg/l)

X = masa inkubasi (jam)

PQ = *photosynthetic quotient* = 1,2

2. Suhu Permukaan Laut (SPL)

Suhu permukaan air diukur menggunakan termometer air raksa di setiap titik sampling (°C)

3. Muatan Padatan Tersuspensi (MPT)

Kandungan MPT diperoleh dengan menganalisa air sampel di laboratorium

- Mengambil air sampel di setiap titik sampling
- Menyaring air sampel menggunakan kertas saring

- Memanaskan pada suhu 105°C selama 1-2 jam
- Memasukan perhitungan pada rumus MPT menurut APHA, 1975

$$MPT = \frac{(a-b) \times 100}{C}$$

Dimana : a = berat filter residu sesudah pemanasan

b = berat kering filter

c = ml sampel air laut

4. pH

pH diukur menggunakan pH meter di setiap titik sampling

5. DO

DO diukur menggunakan DOmeter di setiap titik sampling

6. Salinitas

Salinitas diukur menggunakan salinometer di setiap titik sampling (‰)

7. Nitrat

- Mengambil contoh air sampel sebanyak 25 ml dan memasukkannya pada tabung reaksi.
- Menambahkan pada air sampel tersebut 2 ml larutan NaCl, mencampur perlahan dan memasukkan ke dalam penangas air dingin.
- Menambahkan 10 ml larutan H₂SO₄ dan mencampurnya hingga rata.
- Menambahkan 0,5 ml larutan brusin asam sulfanilat, emngaduk perlahan dan memanaskan di atas pemanas air pada suhu tidak melebihi 95°C selama 20 menit, kemudian mendinginkan.
- Melihat hasilnya pada pembacaan spektrofotometer.

8. Phosphat

- Mengambil air sampel sebanyak 25 ml kemudian memasukkannya ke dalam erlenmeyer.
- Memberikan 5 tetes SnCl_2 pada masing-masing erlenmeyer.
- Mendinginkan larutan selama 10 menit.
- Memasukkan sampel pada cuvet yang berbeda-beda dan mengukur pada spektrofotometer.

9. Klorofil-a

- Menyaring sampel air laut menggunakan filter milipore Ha dengan ukuran pori $0,45\mu\text{g/L}$. Untuk memperlancar penyaringan digunakan pompa hisap dengan tekanan hisap tidak lebih dari 50 cm Hg.
- Menambah beberapa tetes MgCO_3 pada air guna mengawetkan klorofil_a
- Melarutkan kertas saring dalam aceton 90 % sebanyak 10 cc
- Memasukkan ke dalam lemari pendingin selama 20 jam.
- Mensentrifuge selama 30 menit dengan kecepatan 4000 rpm.
- Memindahkan larutan yang dihasilkan ke dalam tabung spektrofotometer untuk menganalisa kerapatan optiknya (*optical dencity*) dengan panjang gelombang 663, 645, dan 630 nm.
- Menghitung kandungan klorofil_a menggunakan rumus yang dikemukakan oleh APHA, 1975 sebagai berikut :

$$C = \frac{(ca)(v)}{(V)}$$

- C = konsentrasi klorofil-a (mg/m^3)
 Ca = konsentrasi klorofil_a dari koreksi optik
 $= 11,64 D_{663} - 2,16 D_{645} - 0,10 D_{630}$
 v = volume ekstrak (L)
 V = volume sampel (m^3)

10. Fitoplankton

a. Menghitung kelimpahan

- Mengambil sampel air menggunakan botol sampel
- Menambahkan formalin 4% sebagai bahan pengawet.
- Menghitung jumlah plankton (ind/l) menggunakan sedgewick rafter, dengan rumus (APHA, 1976):

$$N = \frac{100 (P \times V)}{0,25 \pi W}$$

dimana : N = Jumlah plankton per liter

P = Jumlah plankton tercacah

V = Volume sampel plankton yang tersaring (ml)

W = Volume sampel plankton yang disaring (Lt)

b. Mengidentifikasi fitoplankton

Menggunakan mikroskop , sedgewick rafter dan buku identifikasi plankton oleh Yamaji (1989)

c. Menghitung Keragaman Jenis

Menggunakan rumus Shannon_Weaver :

$$H' = -\sum_{n=1}^s p_i \ln p_i$$

Dimana : H' = Index keragaman jenis

S = banyaknya jenis

p_i = n_i/N

n_i = Jumlah individu jenis ke- i

N = Jumlah total individu

d. Menghitung Keceragaman

Menggunakan rumus Evenness Index :

$$e = \frac{H'}{H_{\max}}$$

Dimana : e = Index keceragaman jenis

S = banyaknya jenis

$$H_{\max} = \ln S (\log^2 S)$$

e. Menghitung Saprobias Indeks (SI) dan Tropik Saprobik Indeks (TSI) menurut formulasi Parsoone dan De Pauw (1978) dalam Anggoro (1983)

$$SI = \frac{1C + 3D + 1B - 3A}{1A + 1B + 1C + 1D}$$

Dimana :

SI : Saprobik Indeks

A : Jumlah species organisme Polysaprobik

B : Jumlah species organisme α -Mesosaprobik

C : Jumlah species organisme β -Mesosaprobik

D : Jumlah species organisme Oligosaprobik

$$TSI = \frac{1(nC) + 3(nD) + 1(nB) - 3(nA)}{1(nA) + 1(nB) + 1(nC) - 1(nD)} \times \frac{nA + nB + nC + nD + nE}{nA + nB + nC + nD}$$

Dimana :

TSI : Tropik Saprobik Indeks

NA : Jumlah individu penyusun kelompok Polysaprobik

NB : Jumlah individu penyusun kelompok α -Mesosaprobik

NC : Jumlah individu penyusun kelompok β -Mesosaprobik

ND : Jumlah individu penyusun kelompok Oligosaprobik

NE : Jumlah individu penyusun kelompok selain A, B, C, dan D

3.4. Variabel

Variabel pada penelitian ini, yaitu :

Faktor fisika :

1. Suhu Permukaan Perairan
2. Muatan Padatan Tersuspensi (MPT)

Faktor kimia :

1. pH
2. Kelarutan oksigen (DO)
3. Salinitas
4. Kandungan hara Nitrat (N_{NO_3})
5. Kandungan hara Phospat (P_{PO_4})

Faktor biologis :

1. Klorofil α

2. Plankton

- a. Produktivitas Primer
- b. Saprobitas Indeks (SI) dan Tropik Saprobik Indeks (TSI)

3.5. Analisis data

Analisis data yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi analisis data citra satelit Landsat ETM7+ dan analisis data lapangan.

3.5.1. Analisis Data Satelit Landsat ETM7+

Pada dasarnya pengolahan data citra satelit adalah pra pengolahan data citra dan proses pengolahan data citra.

A. Pra Pengolahan Citra

1. Koreksi Radiometrik

Koreksi radiometrik dilakukan dengan metode penyesuaian histogram karena dari histogram dapat diketahui nilai digital terendah dan tertinggi data citra. Asumsi yang melandasi metode ini adalah bahwa dalam proses coding digital oleh sensor, objek yang memberikan respon spektral paling lemah atau tidak memberikan respon data sama sekali seharusnya bernilai 0. Dengan kata lain koreksi ini merupakan ekstraksi nilai pixel menjadi 0 – 255.

2. Koreksi Geometrik

Koreksi ini dilakukan dengan jalan transformasi koordinat yang memerlukan sejumlah titik kontrol di permukaan bumi. Perhitungan ini didasarkan pada titik yang koordinat lintang bujurnya sudah diketahui, dikenal dengan *Ground Control Point* / GCP. GCP yang cukup akan memberikan ketelitian yang lebih baik (Dimiyati, 1998)

B. Proses Pengolahan Citra

Tujuan dari proses ini adalah untuk mencari objek yang sesuai dengan keadaan sebenarnya di alam, apakah objek tersebut sawah, tambak, hutan atau yang lainnya. Setelah diketahui objek-objek tersebut selanjutnya dilakukan berbagai analisis sesuai dengan tujuan penelitian.

a. Citra Komposit Warna

Pemilihan kombinasi band ini ditentukan dengan jalan melihat karakteristik tiap band. Band 5 menonjolkan objek vegetasi, band 4 dipilih karena dapat membedakan batas antara darat dan laut, sedangkan band 2 dipilih karena merupakan sinar tampak yang mempunyai daya penetrasi ke dalam kolom air dengan cukup baik.

b. Pemotongan Citra (*Cropping*)

Pemotongan citra bertujuan untuk menyesuaikan ukuran citra dan membatasi wilayah pengamatan dengan objek penelitian, dalam hal ini tambak. Pemotongan citra dilakukan berdasarkan lokasi penelitian yang mengacu pada peta rupa bumi, peta lingkungan pantai dan survey lapangan. Setelah dilakukan pemotongan citra, proses selanjutnya adalah digitasi wilayah tambak. Pada penelitian ini objek pengamatan yang diteliti adalah tambak, oleh karena itu dilakukan pemisahan antara daerah tambak dan daerah yang bukan tambak.

c. Penempatan titik samping lapangan yang diperoleh dari GPS (dengan format Latitude-Longitude), pada data citra Satelit Landsat ETM7+.

a. Analisis Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Data Satelit Landsat ETM7+

1. Proses A : Klasifikasi kelas kesesuaian

- a. Dasar penentuan bobot tiap parameter terhadap kesesuaian perairan tambak adalah dari hasil analisis regresi linier antara Produktivitas Primer sebagai variabel tergantung dan parameter klorofil_α, Suhu Permukaan Air dan Muatan Padatan Tersuspensi (MPT) sebagai variabel bebas. Nilai R^2 yang didapat dari hasil analisis regresi tersebut dikalikan 100% kemudian dibuat perbandingan antar parameter, sebagai faktor penentu tingkat kepentingannya dalam perairan (Tabel 5)

Tabel 5. Dasar Penentuan Skoring Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Parameter klorofil_α, Suhu Permukaan Air dan Muatan Padatan Tersuspensi (MPT)

Variabel tergantung	Variabel bebas	Persamaan regresi
Produktivitas Primer	Klorofil_α	$Y = 0.0477x + 0.1241$ $R_1^2 = 0.5731$
	Suhu Permukaan Air	$Y = -0.0104x + 0.5$ $R_2^2 = 0.2681$
	Muatan Padatan Tersuspensi	$y = -0.0008x + 0.2195$ $R_3^2 = 0.1629$
		$R_1:R_2:R_3 = 0,57 : 0,27 : 0,16$ $= 57 : 27 : 16$ $\approx 10 : 6 : 4$

b. Selanjutnya dilakukan proses skoring berdasarkan Tabel 6 dibawah in.

Tabel 6. Skoring Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Parameter Klorofil_α, Suhu Permukaan Air dan Muatan Padatan Tersuspensi (MPT)

Parameter	Kisaran	Nilai (N)	Bobot (B)	Skor (NxB)	Referensi
klorofil_α (µg/l)	< 0,2	1	10	10	Berdasar data produksi hasil survey lapangan
	0,2 – 0,7	2		20	
	0,71 – 1,70	3		30	
	1,71 – 3,50	4		40	
	>3,5 ; < 10	5		50	
Suhu Permukaan Perairan (°C)	< 21, >35	1	6	6	Cholik (1988), Setyanto (1996), Ahmad, dkk (1998)
	21-22, 34-35	2		12	
	23-24, 32-33	3		18	
	25-26, 30-31	4		24	
	27-29	5		30	
MPT (ppm)	> 400	1	4	4	SK KLH (1988), Suminto (1988)
	81 – 400	2		8	
	51 - 80	3		12	
	25 – 50	4		16	
	<25	5		20	

Keterangan : 1 = Sangat Tidak Sesuai

2 = Tidak Sesuai

3 = Sesuai Bersyarat

4 = Sesuai

5 = Sangat Sesuai

$$\text{Total Skor} = \sum_{i=1}^n N \times B$$

2. **Proses B : Penyiapan peta tematik parameter fisik**

Peta citra yang dihasilkan berupa data vektor yang sudah diklasifikasi berdasarkan nilai parameter tersebut.

1. Pembuatan peta tematik tiap parameter fisik menggunakan formula-formula baru sebagai berikut:

- a. Klorofil

$$\text{Klorofil}(\mu\text{g/l}) = 17,912((b1-b2)/(b1+b2)) - 0,3343$$

- b. Temperatur

$$T^{\circ}\text{C} = 0,6674 (B6) - 75.544$$

- c. MPT

$$\text{MPT (mg/l)} = -15,8049 + 0,6657(B1) - 1,0665(B2) + \\ (0,9437(B3) + 0,1939(B4))$$

2. Konversi data raster diatas ke data vektor menggunakan program Arc

Info 3.5 dan Arc View 3.2

3. **Proses C : Penentuan Kesesuaian Lahan Tambak**

Overlay ketiga parameter diatas sehingga didapatkan nilai kesesuaian lahan berdasarkan skor yang telah ditentukan.

3.5.2. Analisis Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Parameter pH, Oksigen Terlarut, Salinitas, Nitrat dan Fosfat

1. Membuat peta tematik tiap parameter

- a. Dasar penentuan bobot tiap parameter terhadap kesesuaian perairan tambak adalah dari hasil analisis regresi linier antara Produktivitas Primer sebagai variabel tergantung dan parameter pH, Oksigen

Terlarut, Salinitas, Nitrat dan Fosfat sebagai variabel bebas. Nilai R^2 yang didapat dari hasil analisis regresi tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 7. Dasar Penentuan Skoring Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Variabel pH, Oksigen Terlarut, Salinitas, Nitrat dan Fosfat

Variabel tergantung	Variabel bebas	Persamaan regresi
Produktivitas Primer	Oksigen Terlarut	$y = 0,0217x + 0,0601$ $R_1^2 = 0,3007$
	pH	$y = 0,019x + 0,0369$ $R_2^2 = 0,2118$
	Nitrat	$y = 0,0565x + 0,1568$ $R_3^2 = 0,1977$
	Fosfat	$y = 0,3844x + 0,1395$ $R_4^2 = 0,1822$
	Salinitas	$y = -0,0016x + 0,2161$ $R_5^2 = 0,1344$
		$R_1^2 : R_2^2 : R_3^2 : R_4^2 : R_5^2$ $= 0,301 : 0,211 : 0,198 : 0,182 : 0,134$ $= 30,1 : 21,1 : 19,8 : 18,2 : 13,4$ $\approx 30 : 20 : 20 : 20 : 10$ $\approx 6 : 4 : 4 : 4 : 2$

2. Menentukan tingkat kesesuaian perairan tambak tiap parameter seperti tertera pada Tabel 8.

Tabel 8. Skoring Kesesuaian Lahan Tambak berdasarkan variabel pH, Oksigen Terlarut, Salinitas, Nitrat dan Fosfat

Variabel	Kisaran	Nilai (N)	Bobot (B)	Skor (NxB)	Referensi
Oksigen Terlarut (ppm) (<i>Dirrective Factor</i> dan <i>Limiting Factor</i>)	> 10 - <2	1	6	6	Cholik (1988), Ahmad, dkk (1998), Kordi (1997), Zweig (1999) Poernomo, 1989
	2 - 3	2		12	
	4 - 5 ; 8 - 10	3		18	
	5 - 6	4		24	
	7,0 - 8,0	5		30	
pH (<i>Dirrective Factor</i>)	< 4; >9	1	4	4	Cholik (1988), Ahmad, dkk (1998), Mujiman (1999) Poernomo, 1989
	4 - 5	2		8	
	5,5 - 7,5	3		12	
	7,5 - 8,5	4		16	
	8,5 - 9	5		20	
Nitrat (ppm) (<i>Limiting Factor</i>)	0 ; > 4,5	1	4	4	Wardoyo (1982) Poernomo, 1989
	< 0,01	2		8	
	0,01 - 0,2	3		12	
	0,3 - 0,9	4		16	
	0,9 - 3,5	5		20	
Fosfat (ppm) (<i>Limiting Factor</i>)	0 - 0,02	1	4	4	Setyowati (1996), Suminto (1988)
	0,021 - 0,05	2		8	
	0,051 - 0,1	3		12	
	0,1 - 0,21	4		16	
	> 0,21	5		20	
Salinitas (‰) (<i>Masking Factor</i>)	> 40, <12	1	2	2	Cholik (1988), Ahmad, dkk (1998), Kordi (1997)
	35 - 40	2		4	
	25 - 35	3		6	
	10 - 15	4		8	
	15 - 25	5		10	

Keterangan : 1 = Sangat Tidak Sesuai

2 = Tidak Sesuai

3 = Sesuai Bersyarat

4 = Sesuai

5 = Sangat Sesuai

$$\text{Total Skor} = \sum_{i=1}^n N \times B$$

Arti dari setiap tingkat kesesuaian perairan tambak dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Hasil Skoring Kesesuaian Perairan Tambak dan Artinya Bagi Kualitas Perairan Tambak

Total Skor *	Tingkat Kesesuaian **	Kualitas Perairan Tambak***
81-100	Sangat Sesuai (S1)	Potensial, tidak mempunyai faktor penghambat
65 – 80	Sesuai (S2)	Memenuhi persyaratan minimal
41 – 64	Sesuai Bersyarat (S3)	Mempunyai faktor pembatas, perlu perlakuan khusus
21 – 40	Tidak Sesuai (TS1)	Diperlukan biaya yang tinggi agar dapat memenuhi persyaratan minimal
< 20	Sangat Tidak Sesuai (TS2)	Sangat sulit diupayakan agar dapat memenuhi persyaratan minimal.

* : Hasil penelitian, 2003

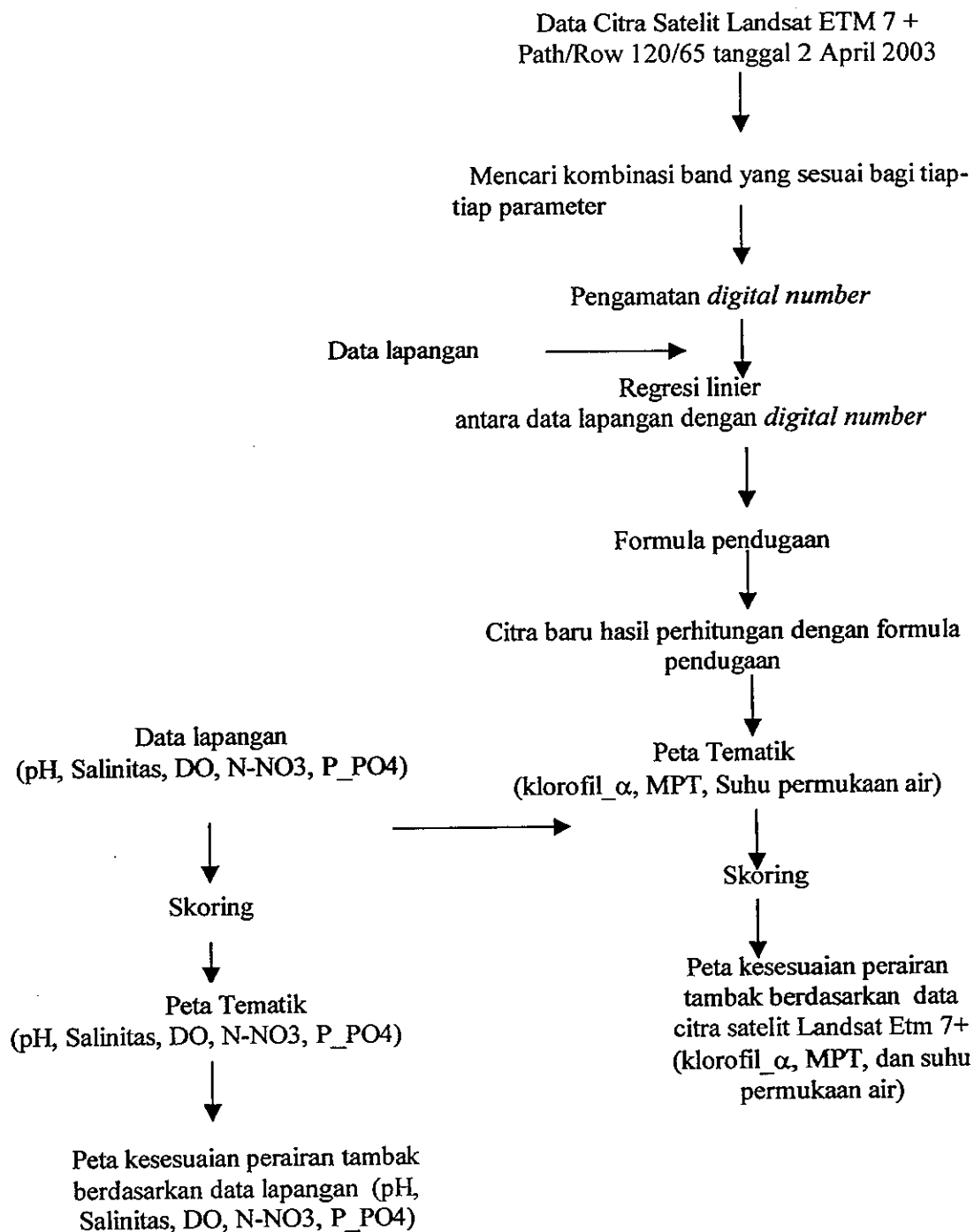
** : PP No.X Kimpraswil

*** : Suwargana,2001

- Selanjutnya hasil skoring dan *overlay* dari tiap parameter akan menghasilkan peta kesesuaian perairan tambak.

Secara sistematis alur kerja pengolahan data citra satelit Lansat ETM7+ dalam penelitian ini dapat diilustrasikan sebagai berikut:

ALUR KERJA



Ilustrasi 3. Alur Kerja Penelitian.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

1.1. Lokasi titik sampling

Hasil *cropping* data citra wilayah pesisir Kabupaten Demak yang telah disesuaikan dengan wilayah penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Sedangkan pada Gambar 2 adalah *cropping* data citra yang mencakup wilayah perairan tambak Kabupaten Demak. Pada Tabel 10 adalah lokasi titik sampling beserta posisi di permukaan bumi berdasarkan *Global Positioning System* (GPS)

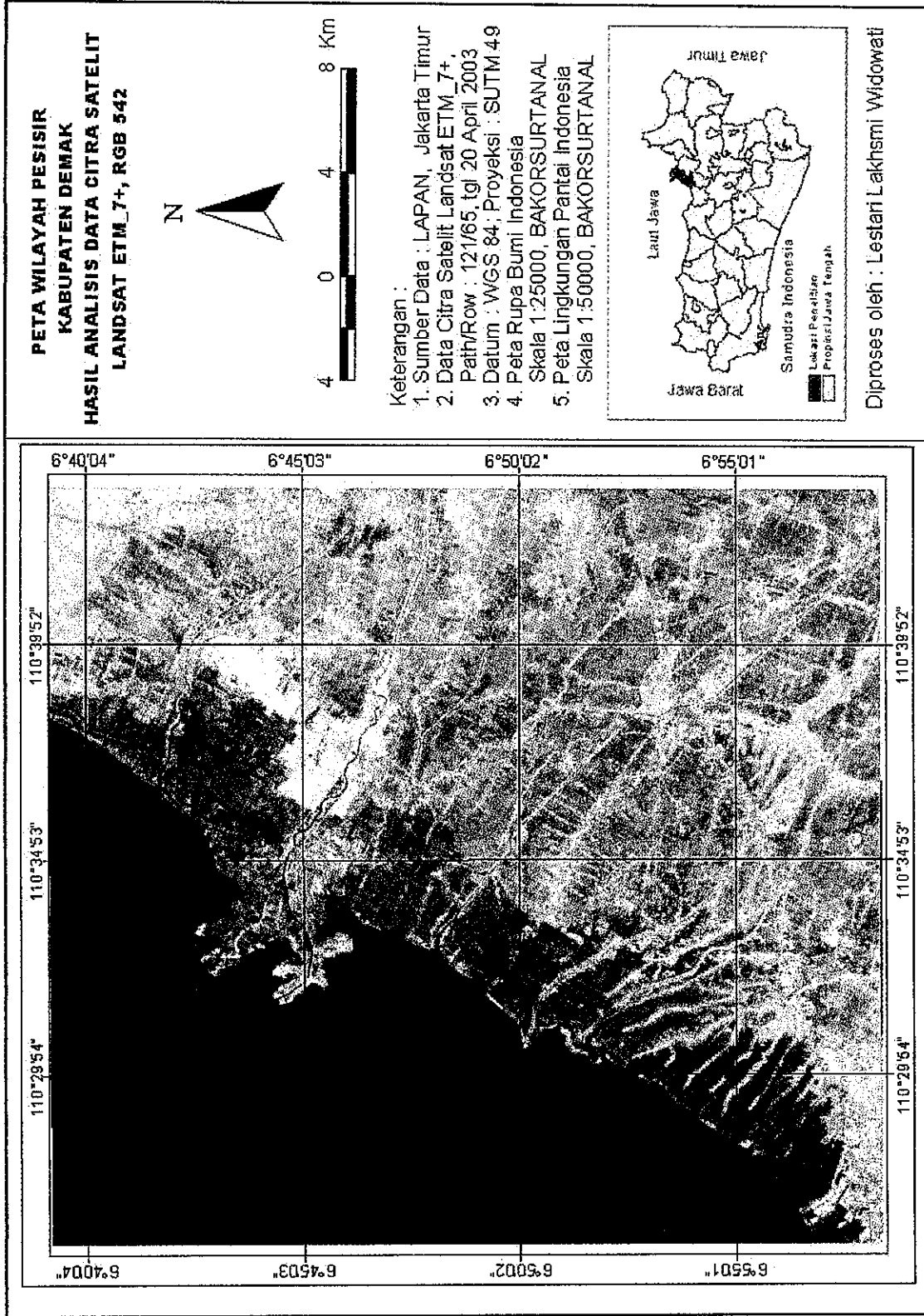
Tabel 10. Posisi titik sampling berdasarkan *Global Positioning System* (GPS)

Stasiun	Kecamatan	Nama Desa	LATITUDE			LONGITUDE			EASTING	NORTHING
			Drj	Mnt	Dtk	Drj	Mnt	Dtk		
1	Sayung	Sriwulan (b)	6	56	23.50	110	28	50.22	442625.45	9232867.88
2		Purwosari (b)	6	56	3.67	110	29	58.86	444669.71	9233478.86
3		Sidogemah (a)	6	54	25.90	110	29	47.87	444390.77	9236481.06
4		Sidogemah (b)	6	54	53.79	110	29	42.41	444224.04	9235624.50
5		Bedono (b)	6	55	31.80	110	29	0.00	442923.88	9234455.81
6		Surodadi (a)	6	52	21.39	110	30	53.86	446411.86	9240306.79
7		Surodadi (b)	6	52	31.97	110	30	87.72	446530.67	9239982.03
8		Timbulsloko (a)	6	53	26.91	110	30	35.81	445860.05	9238294.22
9		Timbulsloko (b)	6	53	17.84	110	30	17.54	445296.15	9238572.12
10	Karang tengah	Tambakbulusan (a)	6	51	55.75	110	31	37.65	447755.20	9241095.45
11		Tambakbulusan (b)	6	51	11.90	110	31	21.45	447256.41	9242441.36
12		Tambakbulusan (b)	6	50	32.96	110	31	46.62	448028.03	9243638.05
13	Bonang	Morodemak (a)	6	49	45.31	110	32	42.85	449752.42	9245102.84
14		Morodemak (b)	6	49	30.79	110	32	29.44	449340.16	9245548.47
15		Purworejo (a)	6	49	35.94	110	33	6.15	450467.05	9245391.39
16		Purworejo (b)	6	49	19.02	110	32	55.93	450152.89	9245910.44
17		Betahwalang (a)	6	48	13.28	110	34	32.67	453120.36	9247932.00
18		Betahwalang (b)	6	48	15.09	110	35	7.82	454199.44	9247877.37
19	Wedung	Wedung (a)	6	47	49.70	110	34	27.79	452970.11	9248655.94
20		Wedung (b)	6	48	2.48	110	35	0.56	453979.04	9248264.35
21		Wedung (b)	6	47	8.76	110	34	8.69	452382.76	9249912.59
22		Berahan Kulon (a)	6	44	11.84	110	33	42.22	451565.14	9255344.89
23		Berahan Kulon (b)	6	45	54.65	110	35	13.06	454356.52	9252190.00
24		Berahan Wetan (a)	6	44	21.84	110	34	55.85	453825.98	9255039.70
25		Babalan (b)	6	44	25.81	110	35	53.98	445610.33	9254919.10
26		Kedung Mutih (b)	6	43	56.37	110	36	19.68	456398.69	9255823.81

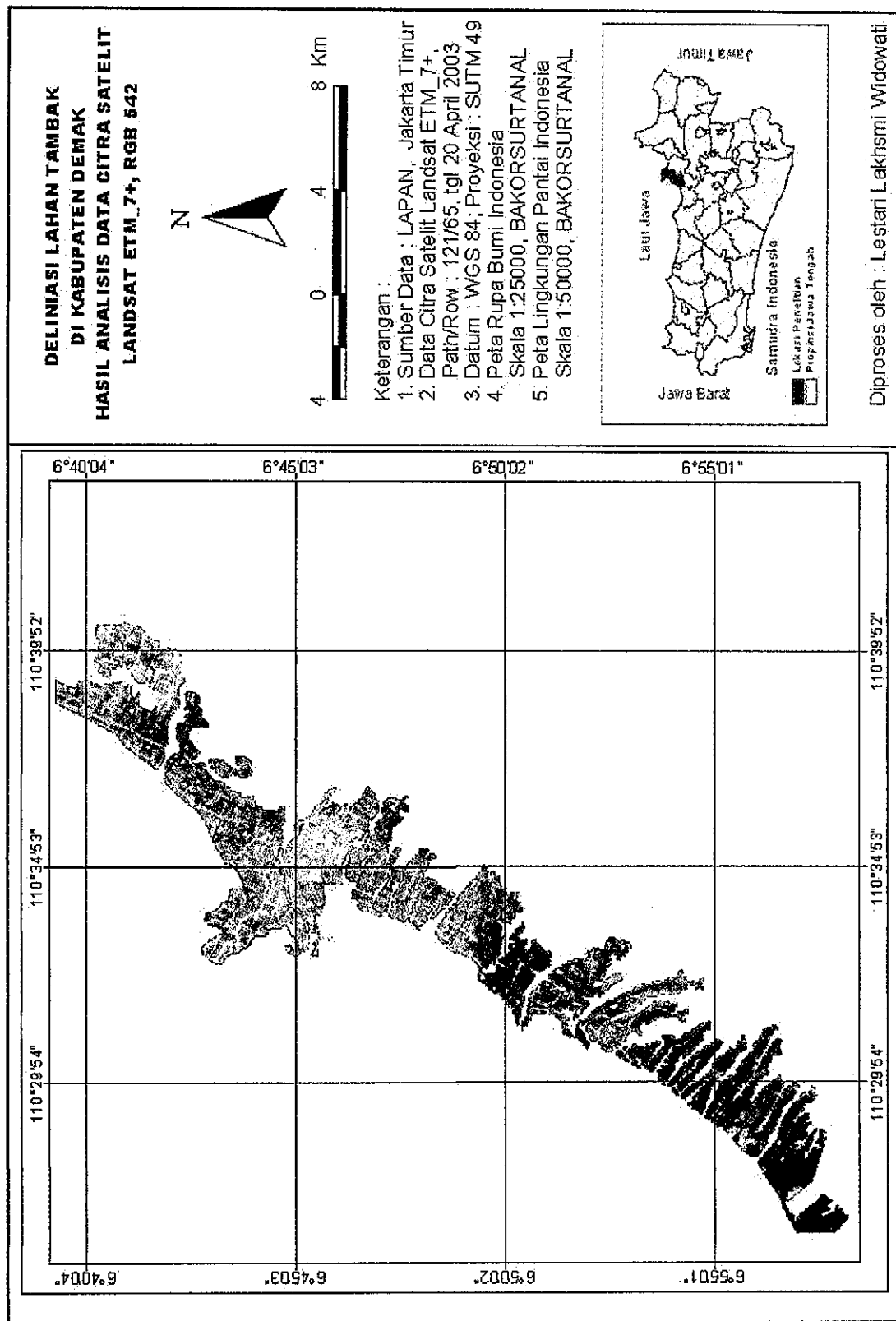
Keterangan : a) = dekat laut

b) = jauh laut

Sumber: Hasil penelitian, 2003



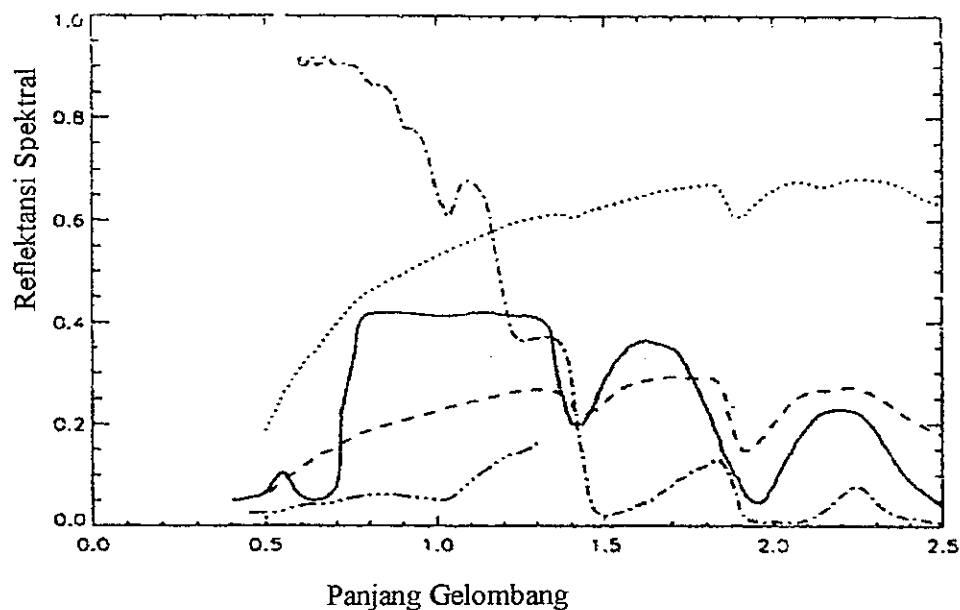
Gambar 1. Peta Wilayah Pesisir Kabupaten Demak Hasil Analisis Data Citra Satelit Landsat ETM_7+



Gambar 2. Deliniasi Lahan Tambak di Kabupaten Demak Hasil Analisis Data Citra Satelit Landsat ETM_7+

4.2. Formulasi Pendugaan

Dasar yang digunakan untuk pembuatan formulasi pendugaan terhadap parameter tertentu adalah reflektansi tiap objek di permukaan bumi, seperti di Gambarkan pada ilustrasi 4.



Keterangan:

- : Dedaunan
- : Tanah kering
- : Tanah basah
- . - . - : Salju
- : Air

Ilustrasi 4. Reflektansi Spektral Objek Permukaan Bumi (Bowker *et al*, 1985)

4.2.1. Klorofil_α

Beberapa kombinasi band yang diduga sensitif terhadap kandungan klorofil_α di perairan telah dicobakan dengan tujuan menemukan kombinasi band

yang sesuai untuk menduga kandungan klorofil_α di lapangan. Tabel 11 menyajikan persamaan hasil kombinasi beberapa band dengan data lapangan beserta koefisien regresinya.

Tabel 11. Hasil Regresi Beberapa Kombinasi Band
Dengan Data Klorofil_α Lapangan

No.	Persamaan matematika	R ²	r
1.	$Y = 17,912 \times ((b1-b2)/(b1+b2)) - 0,3343$	0,6031	0,77
2.	$Y = 5,9049 \times (b2-b4)/(b2+b4) - 0,5327$	0,1087	0,33
3.	$Y = 7,9076 \times (b3-b4)/(b3+b4) - 1,6521$	0,2535	0,48
4.	$Y = 141,93 \times (b1/b2) - 148,66$	0,1157	0,43
5.	$Y = 13,143 \times (b3/b4) - 12,755$	0,1872	0,34

Sumber: Hasil penelitian, 2003

Tiap objek di atas bumi mempunyai kemampuan untuk menyerap dan memantulkan sinar matahari yang diterimanya. Daya serap dan daya pantul tiap objek memiliki sifat sendiri-sendiri, tergantung dari objek tersebut. Satelit Landsat ETM 7+ mempunyai berbagai sensor dalam bentuk band-band, dimana tiap sensor mempunyai karakteristik sendiri-sendiri berdasarkan kisaran panjang gelombangnya. Hal inilah yang menyebabkan satelit ini dapat membaca tiap objek di permukaan bumi.

Dari beberapa formula diatas, diambil yang mempunyai nilai r paling besar yaitu $Y = 17,912 \times ((b1-b2)/(b1+b2)) - 0,3343$ dimana Y adalah konsentrasi klorofil_α (μg/l). Formula ini telah diterapkan dalam data citra satelit pada lokasi penelitian, menghasilkan kisaran nilai klorofil_α 0,368-2,852 μg/l (Gambar 3). Formula tersebut didapat dengan jalan meregresikan data kandungan klorofil_α di lapangan dengan kombinasi band_1 dan band_2. Koefisien korelasi (r) adalah 0,77 yang berarti terdapat hubungan yang kuat antara variabel data lapangan dan

data citra satelit. Sedangkan koefisien determinan (R^2) antara keduanya adalah 0.60 yang berarti bahwa variabel x , dalam hal ini NDVI_12 adalah faktor penentu kandungan klorofil di perairan tambak Kabupaten Demak sebesar 60%.

Beberapa kombinasi band, baik rasio antar band maupun *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) telah dicobakan pula untuk menemukan formula pendugaan yang dapat digunakan untuk melihat kandungan klorofil_α di perairan tambak secara tepat (Lampiran 1 dan 2). Namun koefisien korelasi (r) yang diperoleh kurang dari 0,5. Hal ini berarti persamaan tersebut belum layak digunakan untuk menduga suatu kondisi di alam.

Kombinasi band_1 dan band_2 dapat digunakan untuk melihat kandungan klorofil_α di perairan tambak, disebabkan karena karakteristik kedua band tersebut sensitif pada perairan keruh. Band_1 mempunyai reflektansi tinggi pada daerah perairan dan band_2 mempunyai reflektansi tinggi untuk vegetasi (Ilustrasi 3). Sehingga kombinasi kedua band tersebut dapat membaca zat hijau daun pada perairan keruh. Keadaan perairan tambak seperti terlihat pada citra dengan kombinasi band $RGB = 542$ nampak biru keputihan, dimana hal ini berarti bahwa perairan tersebut banyak mengandung padatan tersuspensi.

4.2.2. Suhu Permukaan Perairan

Satelit Landsat ETM_7+ mempunyai dua band yang mampu untuk mengekstrak suhu lingkungan. Band tersebut adalah band_6 (1/Low) untuk mengekstrak suhu lautan, dan band_6 (2/High) untuk mengekstrak suhu daratan. Suhu permukaan perairan tambak dapat dideteksi oleh satelit Landsat ETM7+ menggunakan band_6 (1/Low).

Beberapa formulasi pendugaan telah dicobakan untuk memperoleh informasi kisaran suhu permukaan di perairan tambak. Salah satunya adalah formula dari

Lemigas, yaitu $Y = 16,32301 + 0,41632 \cdot B_6$. Formula ini tidak dapat digunakan untuk mengetahui kisaran suhu permukaan tambak di Kabupaten Demak, karena hasil yang didapat pada citra setelah formula tersebut dimasukkan adalah suhu yang terlalu tinggi yaitu antara $70^{\circ}\text{C} - 88^{\circ}\text{C}$. Formulasi pendugaan suhu permukaan perairan yang lain dicobakan, yaitu diperoleh dengan jalan regresi antara *digital number* band 6 dengan suhu di lapangan. Hasil dari regresi tersebut adalah suatu persamaan $Y = 0,6674(B_6) - 75,544$, dimana Y adalah suhu permukaan perairan ($^{\circ}\text{C}$). Dari formula di atas diperoleh kisaran suhu permukaan air di tambak antara $25,04 - 34,00^{\circ}\text{C}$ (Gambar 4). Koefisien korelasi persamaan tersebut adalah 0,84 berarti persamaan tersebut mempunyai hubungan yang sangat kuat, sedangkan koefisien determinan (R^2) adalah 71%, sehingga variabel x, yaitu *digital number B_6* merupakan faktor penentu bagi variabel y, yaitu suhu permukaan perairan di tambak Kabupaten Demak sebesar 71%.

4.2.3. Muatan Padatan Tersuspensi (MPT)

Muatan Padatan Tersuspensi adalah kandungan zat-zat yang terdapat dalam air. Zat-zat tersebut adalah zat-zat anorganik seperti debu dan serasah, serta zat-zat organik seperti fitoplankton, zooplankton, dan organisme renik lainnya. MPT berpengaruh pada kecerahan perairan, semakin tinggi kandungan MPT maka akan semakin keruh perairan tersebut sehingga cahaya matahari tidak dapat masuk secara optimal. Kurangnya cahaya matahari yang masuk menyebabkan kurang optimumnya proses fotosintesis.

Zat-zat yang terdapat dalam air sebagai MPT menyerap dan memantulkan sinar matahari yang diterimanya. Pantulan tersebut akan diterima oleh sensor satelit Landsat ETM7+, untuk kemudian dibaca sebagai *digital number*. Angka yang terdapat pada *digital number* inilah yang akan menjadi dasar pembuatan suatu formula pendugaan kandungan MPT di lapangan. Berdasarkan karakteristik tiap band yang terdapat pada satelit Landsat ETM7+, band yang sesuai untuk pengamatan kandungan MPT adalah band 1, band 2, band 3 dan band 4. Pada ilustrasi 3 menurut Bowker, *et al.*, 1985 dapat dilihat bahwa band 1, 2, 3, dan 4 mempunyai kemampuan untuk merefleksikan objek air di permukaan bumi dengan sangat baik. Disamping itu menurut Lillesand and Kiefer, 1997 band-band tersebut sensitif pada perairan keruh. Pada data citra satelit dengan kombinasi R:G:B (*Red: Green: Blue*) = 5:4:2 dapat dilihat bahwa kekeruhan yang terjadi di wilayah pesisir Kabupaten Demak cukup tinggi, warna air nampak biru keputihan (Gambar 1)

Beberapa kombinasi band telah dicobakan, namun yang memberikan hasil terbaik adalah modifikasi dari formula Er-mapper manual, 1995 $Y = -24,47 + (1,03 \times B1) - (1,65B2) + (1,46B3) + (0,3B4)$. Persamaan yang diperoleh adalah $Y = -15,8049 + 0,6657(B1) - 1,0665(B2) + (0,9437(B3) + 0,1939(B4)$, dimana Y ialah kandungan MPT (ppm). Dari formula di atas diperoleh kisaran MPT di tambak antara 26,074 – 74, 000 ppm (Gambar 5).

Koefisien korelasi dari persamaan diatas adalah $r = 0,78$, yang berarti bahwa antara data lapangan dan data citra satelit mempunyai hubungan yang erat. Sedangkan koefisien determinan (R^2) sebesar 0,62 berarti variabel x , yaitu *digital*

number B_1234 merupakan faktor penentu bagi variabel y, yaitu muatan padatan tersuspensi di tambak Kabupaten Demak sebesar 62%.

4.3. Pengkelasan Nilai Tiap Parameter

Hasil dari formulasi yang didapat adalah kisaran nilai klorofil_α, suhu permukaan dan MPT. Tahapan pengolahan selanjutnya adalah analisis kesesuaian lahan berdasarkan parameter-parameter tersebut, untuk itu kisaran nilainya harus dikelaskan berdasarkan skoring yang telah ditentukan sebelumnya.

Pengkelasan kandungan klorofil_α, suhu permukaan perairan dan MPT dapat dilihat pada Tabel 12 Tabel 13 dan Tabel 14. Adapun peta pengkelasan tiap-tiap parameter tersebut dapat dilihat pada Gambar 2, Gambar 3, dan Gambar 4.

Tabel 12. Pengkelasan Kandungan klorofil_α

Kelas	Kisaran (μg/l)	Kesesuaian
1	0,35 – 0,70	Tidak Sesuai
2	0,71 – 1,70	Sesuai Bersyarat
3	1,71 – 2,85	Sesuai

Sumber : Hasil penelitian , 2003

Tabel 13. Pengkelasan Nilai Suhu Permukaan Perairan

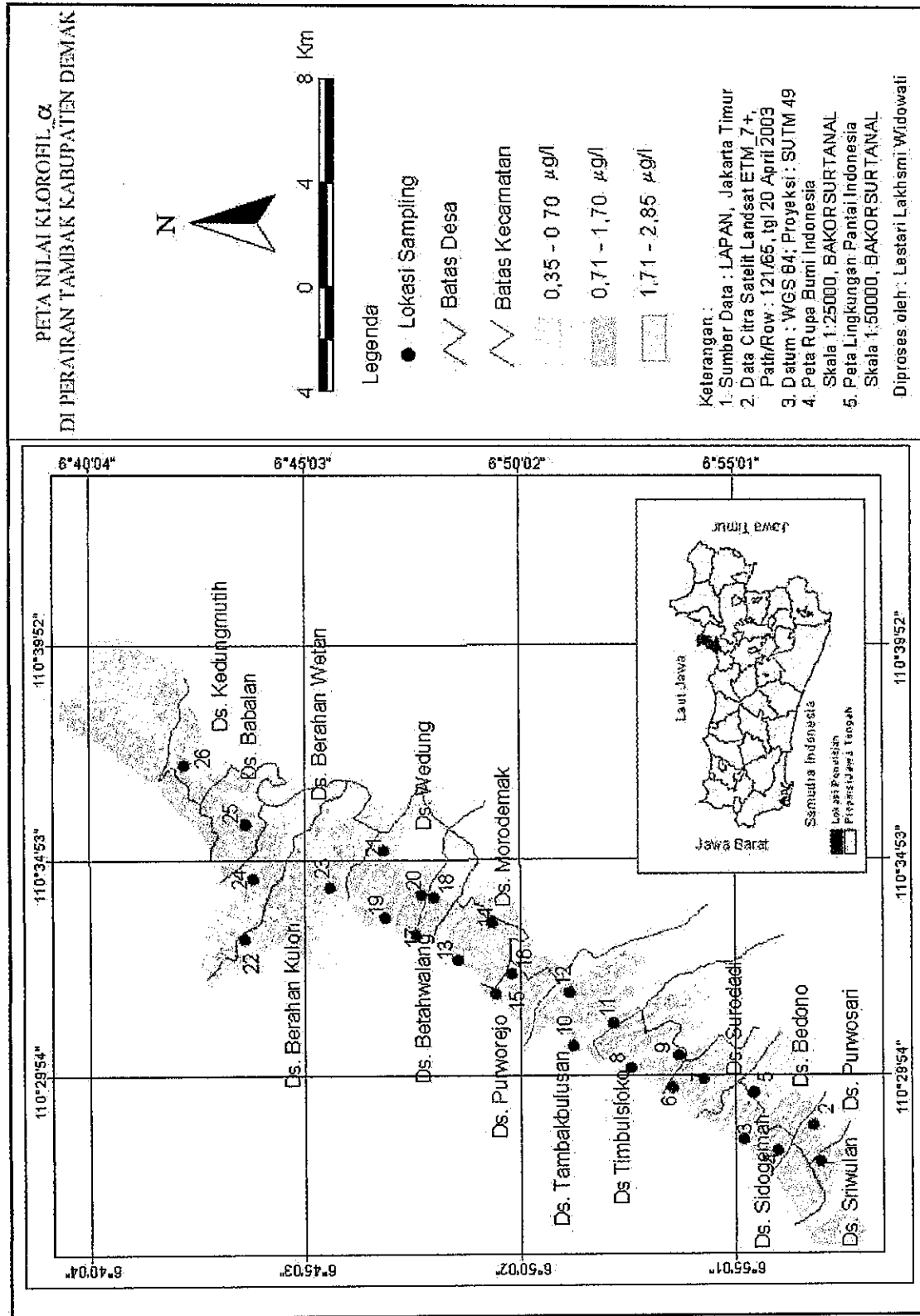
Kelas	Kisaran (°C)	Kesesuaian
1	25 – 26,99	Sesuai
2	27 – 29,99	Sangat Sesuai
3	30 – 31,99	Sesuai
4	32 – 33,99	Sesuai Bersyarat
5	34 – 34,99	Tidak Sesuai

Sumber : Hasil penelitian , 2003

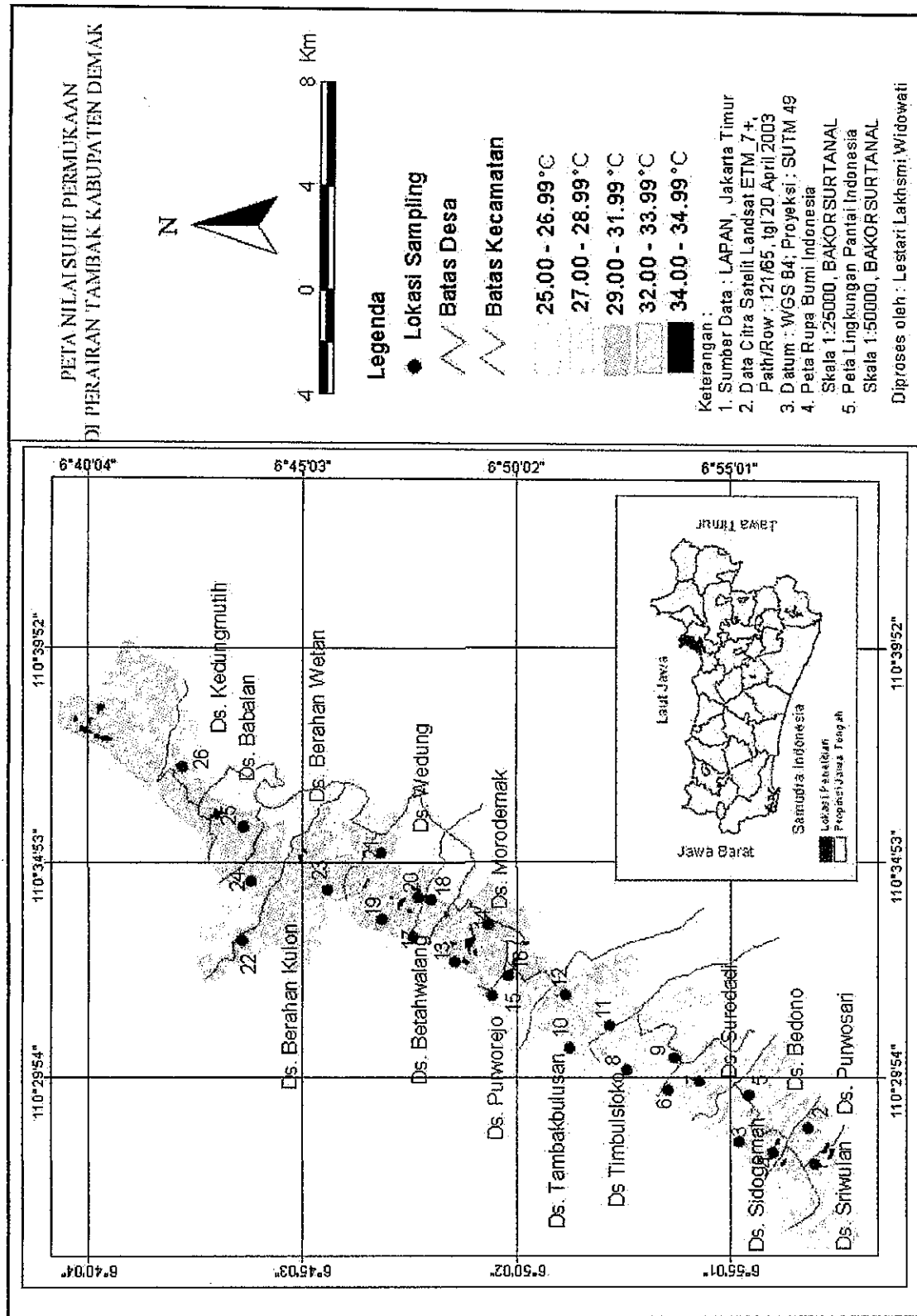
Tabel 14. Pengkelasan Nilai MPT

Kelas	Kisaran (ppm)	Kesesuaian
1	26,00 – 50,00	Sesuai
2	50,01 – 74,00	Sesuai Bersyarat

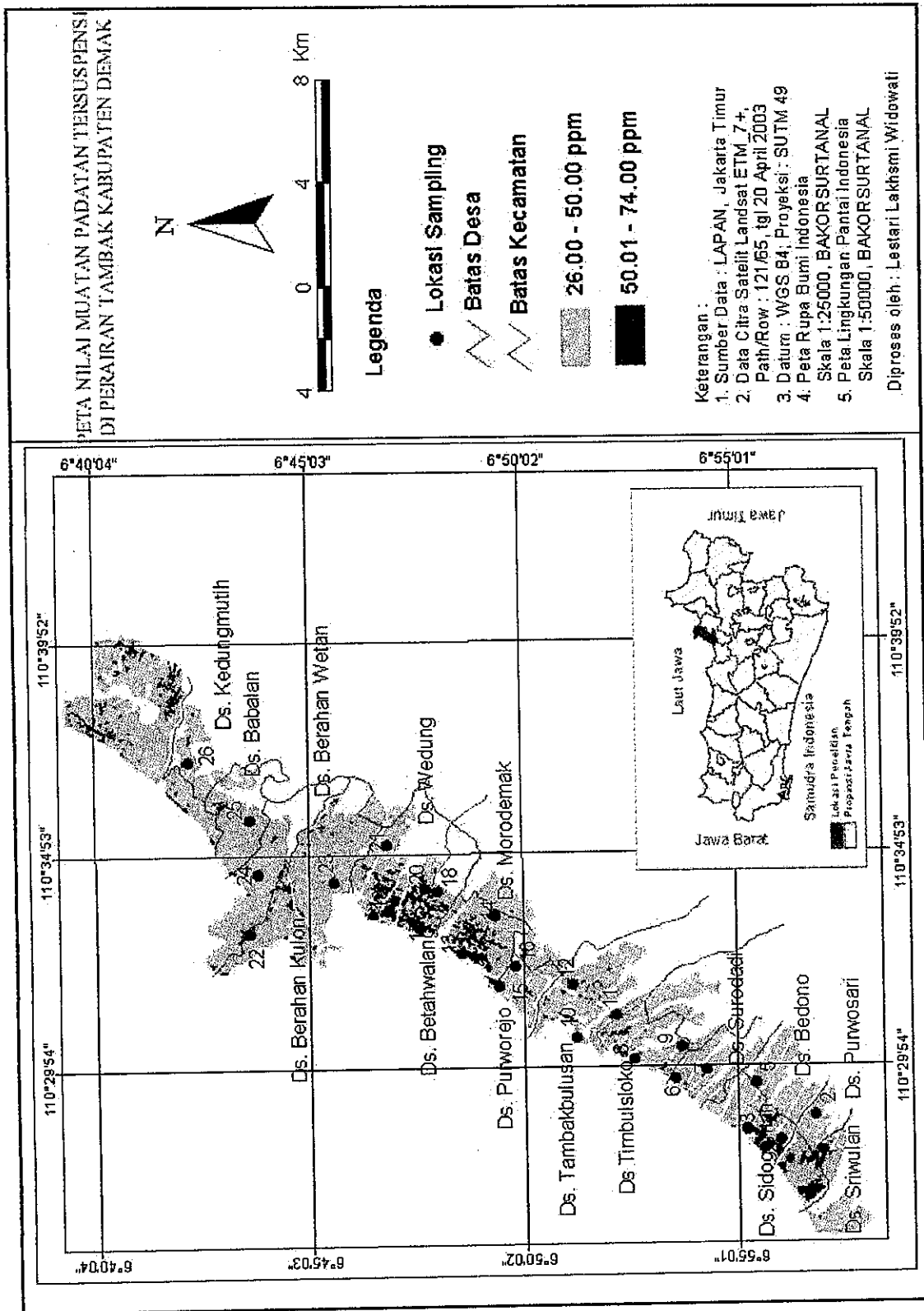
Sumber : Hasil penelitian , 2003



Gambar 3. Peta Nilai Klorofil α di Perairan Tambak Kabupaten Demak



Gambar 4. Peta Nilai Suhu Permukaan Air di Perairan Tambak Kabupaten Demak



Gambar 5. Peta Nilai Muatan Padatan Tersuspensi di Perairan Tambak Kabupaten Demak

4.4. Analisis Kelayakan Perairan Tambak Berdasarkan Data Citra Satelit Landsat ETM7+

Pada penelitian ini kelayakan perairan tambak ditinjau dari berbagai parameter. Parameter yang dapat dilihat melalui data citra satelit ETM 7+ adalah klorofil_α, suhu permukaan air dan muatan pedatan tersuspensi (MPT). Hal ini disebabkan oleh karena band-band pada Landsat ETM 7+ hanya dapat menerima dan mengekstraksi pantulan gelombang dari parameter-parameter tersebut. Sedangkan data yang diperoleh dari hasil survey lapangan adalah DO, salinitas, pH, unsur hara yaitu PO₄ (Fosfat) dan NO₃ (nitrat), dimana sensor satelit Landsat ETM7+ tidak mempunyai band yang dapat menangkap pantulan dari zat-zat tersebut.

Model yang digunakan dalam analisis kelayakan ini adalah model pembobotan, dimana semakin besar nilai bobotnya, semakin tinggi tingkat pengaruhnya dalam kelayakan perairan untuk kehidupan organisme, dalam hal ini Bandeng (*Chanos chanos*)

4.4.1. Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Klorofil_α Hasil Analisis Data Citra Satelit Landsat ETM₇₊.

Tinggi rendahnya nilai klorofil_α dipengaruhi oleh berbagai faktor dalam perairan. klorofil_α disini adalah kandungan pigmen hijau yang dimiliki oleh fitoplankton sebagai zat yang berguna dalam proses fotosintesis. Fitoplankton sebagai mikroorganisme di perairan memiliki kondisi lingkungan tertentu untuk dapat hidup dan berfotosintesis. Faktor-faktor yang berpengaruh tersebut antara lain ialah DO (*Dissolved Oxygen*), pH, salinitas, zat hara (nitrat dan Fosfat) serta suhu perairan. Kombinasi yang tepat dari faktor-faktor tersebut akan menciptakan suatu kondisi yang baik bagi pertumbuhan fitoplankton, sehingga menghasilkan kandungan klorofil_α yang tinggi.

Pada Gambar 6 dan Tabel 15 dapat dilihat bahwa umumnya kandungan klorofil_α di Kabupaten Demak berada pada tingkat kesesuaian Sesuai, hal ini disebabkan oleh kualitas perairan yang cukup baik. Nilai kisaran pH di Kecamatan Sayung dan Karangtengah adalah 7-8,5; kandungan oksigen dalam air 5-7 ppm dan salinitas perairan berkisar antara 10-15‰ merupakan faktor pendukung tingginya klorofil_α. Zat hara di perairan yang cukup tinggi yaitu $N_{NO3} = 0,36 - 1,23$ ppm dan $P_{PO4} = 0,07 - 0,19$ ppm sehingga nilai klorofil-a pun cukup tinggi dan berada pada tingkat kesesuaian Sesuai. Demikian pula dilihat dari data plankton, kelimpahan fitoplankton yang cukup tinggi yaitu lebih dari 50.000 individu per liter merupakan faktor yang mendukung tingginya nilai klorofil pada kecamatan tersebut.

Sebaliknya di beberapa tempat di Kecamatan Bonang dan Wedung kondisi perairannya kurang layak untuk pertumbuhan fitoplankton, dimana nilai nitrat

0,22 – 0,74 dan fosfat adalah 0,05-0,17 ppm dalam kisaran cukup rendah. Demikian juga rendahnya nilai pH di kecamatan tersebut menyebabkan kondisi perairan asam dan menurunkan nilai DO. Selain itu kelimpahan fitoplankton hanya mencapai rata-rata 20.000 – 50.000 ind/liter, merupakan suatu bukti bahwa perairan tersebut kurang subur. Hal-hal inilah yang menyebabkan kandungan klorofil di perairan tersebut lebih rendah daripada kedua kecamatan lainnya.

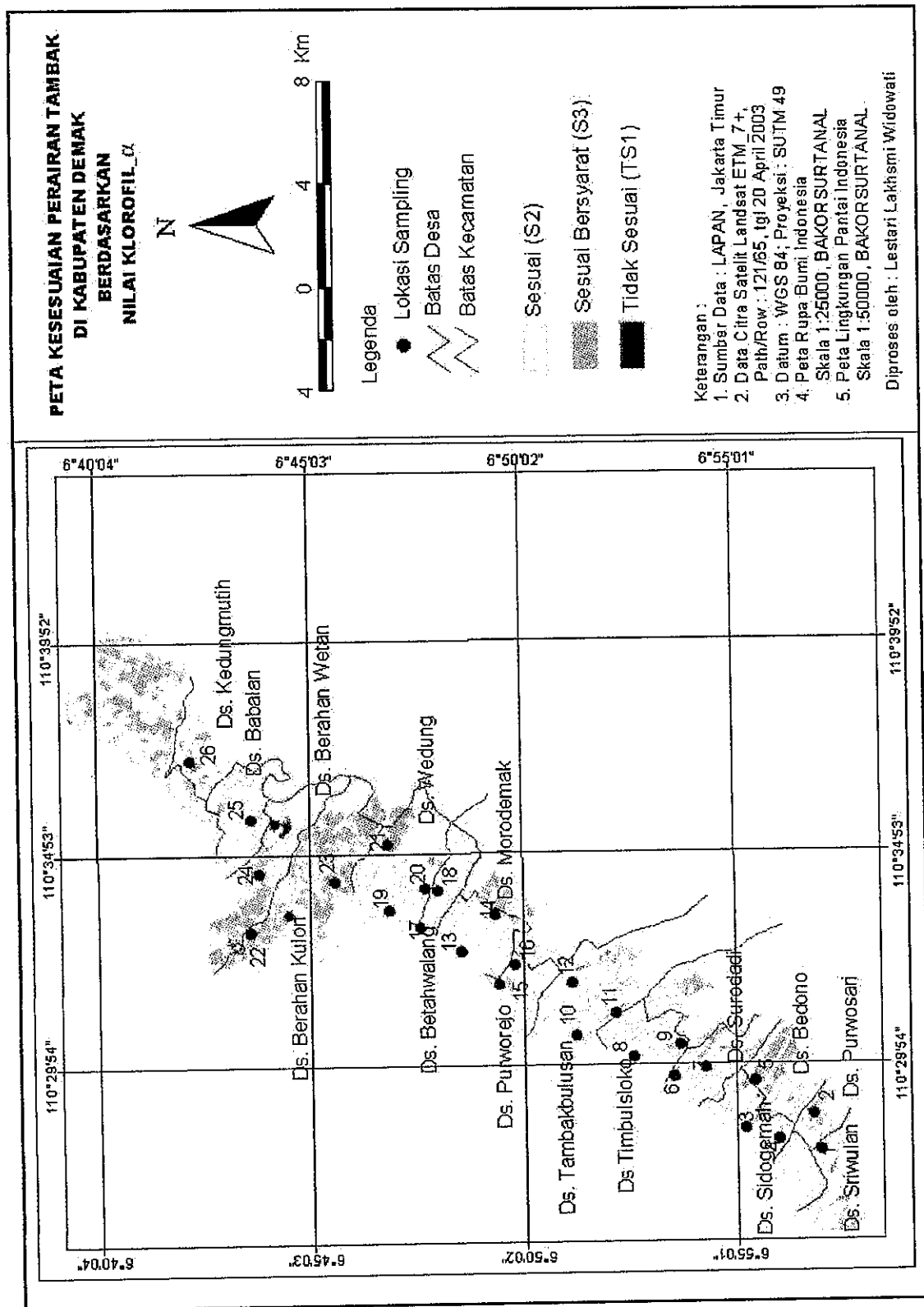
Tabel 15. Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Klorofil_α (μg/l)

Lokasi	Kecamatan	Nama Desa	Kesesuaian Perairan Tambak	Kandungan Klorofil _α (μg/l) dari Data Citra Satelit Landsat ETM7+
1	Sayung	Sriwulan (b)	Sesuai	2,54
2		Purwosari (b)	Sesuai	0,96
3		Sidogemah (a)	Sesuai	1,75
4		Sidogemah (b)	Sesuai	1,08
5		Bedono (b)	Sesuai Bersyarat	2,68
6		Surodadi (a)	Sesuai	0,94
7		Surodadi (b)	Sesuai	1,99
8		Timbulsloko (a)	Sesuai	1,03
9		Timbulsloko (b)	Sesuai	2,11
10	Karangtengah	Tambakbulusan (a)	Sesuai	1,05
11		Tambakbulusan (b)	Sesuai	1,82
12		Tambakbulusan (b)	Sesuai	1,08
13	Bonang	Morodemak (a)	Sesuai	0,57
14		Morodemak (b)	Sesuai	0,11
15		Purworejo (a)	Sesuai Bersyarat	0,97
16		Purworejo (b)	Sesuai Bersyarat	1,25
17		Betahwalang (a)	Sesuai	0,22
18		Betahwalang (b)	Sesuai	1,36
19	Wedung	Wedung (a)	Sesuai	0,74
20		Wedung (b)	Sesuai	0,69
21		Wedung (b)	Sesuai Bersyarat	0,77
22		Berahan Kulon (a)	Sesuai	0,47
23		Berahan Kulon (b)	Sesuai Bersyarat	0,80
24		Berahan Wetan (a)	Sesuai Bersyarat	1,54
25		Babalan (b)	Sesuai Bersyarat	0,85
26		Kedung Mutih (b)	Sesuai	1,68

Sumber: Hasil penelitian, 2003

Keterangan : (a) : Dekat laut

(b) : Jauh laut



Gambar 6. Peta Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Klorofil α Hasil Analisis Data Citra Satelit Landsat ETM7+ 61

4.4.2. Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Suhu Permukaan Perairan Hasil Analisis Data Citra Satelit Landsat ETM7+ .

Berdasarkan data citra satelit Landsat ETM7+ kisaran suhu permukaan di perairan tambak adalah 25 – 34 °C, dimana pada rentang tersebut secara umum dapat dikatakan bahwa di sebagian Kecamatan Sayung dan Karangtengah mempunyai suhu permukaan yang lebih baik daripada daerah sekitarnya. Gambar 7 menggambarkan kesesuaian perairan tambak berdasarkan nilai suhu permukaan perairan di wilayah Kabupaten Demak secara keseluruhan, sedangkan pada Tabel 14 ditampilkan nilai suhu permukaan pada lokasi sampling.

Suhu permukaan yang baik bagi pertumbuhan ikan bandeng banyak dijumpai di Kecamatan Sayung dan Karangtengah yaitu 27 – 29°C sebagai kondisi perairan yang Sangat Sesuai dan pada beberapa tempat antara 30 °C sebagai sebagai kondisi perairan yang Sesuai. Suhu optimal bagi ikan bandeng berkisar antara 27 – 29 °C, pada kisaran tersebut konsumsi oksigen mencapai 2,2 mg/g berat tubuh/jam (Ahmad, 1998). Hal ini dikarenakan di tempat tersebut masih banyak terdapat mangrove yang menaungi daerah pertambakan. Sedangkan di beberapa lokasi lain mangrove disekitar tambak sudah jarang dijumpai. Selain itu faktor kedalaman juga sangat berpengaruh bagi tinggi rendahnya suhu permukaan. Pada sebagian tambak di Kecamatan Wedung, kedalaman air di tambak kurang sesuai yaitu kurang dari 60 cm, sehingga mengakibatkan tingginya suhu permukaan air.

Pengaruh suhu yang terlalu tinggi bagi ikan bandeng adalah mempercepat laju metabolisme, sehingga konsumsi oksigen juga meningkat selanjutnya mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan. Hal yang sama juga dikemukakan oleh Nikolsky, 1963 bahwasannya suhu perairan yang terlalu tinggi akan

berpengaruh terhadap perkembangan organisme perairan, karena energi yang ada lebih banyak digunakan untuk mempertahankan hidupnya. Menurut Hutabarat, 2000 suhu merupakan faktor pembatas bagi proses produksi, suhu yang terlalu tinggi akan merusak jaringan tubuh fitoplankton sehingga akan menghambat proses fotosintesa, produktivitas primer dan selanjutnya produksi perikanan. Suhu juga mempengaruhi kelarutan oksigen dalam air, semakin tinggi suhu perairan mengakibatkan kelarutan oksigen (DO) menurun, sedangkan kebutuhan oksigen terlarut oleh organisme perairan semakin meningkat. Hal ini tentu mengganggu proses pernafasan organisme dalam tambak, dalam hal ini ikan bandeng. Sedangkan suhu yang terlalu rendah akan berpengaruh pada lambatnya laju metabolisme dan fotosintesis (Raymont, 1980). Salinitas juga dipengaruhi oleh suhu permukaan, jika suhu perairan terus menerus tinggi dalam waktu yang lama maka penguapan akan meningkat dan salinitas akan meningkat pula.

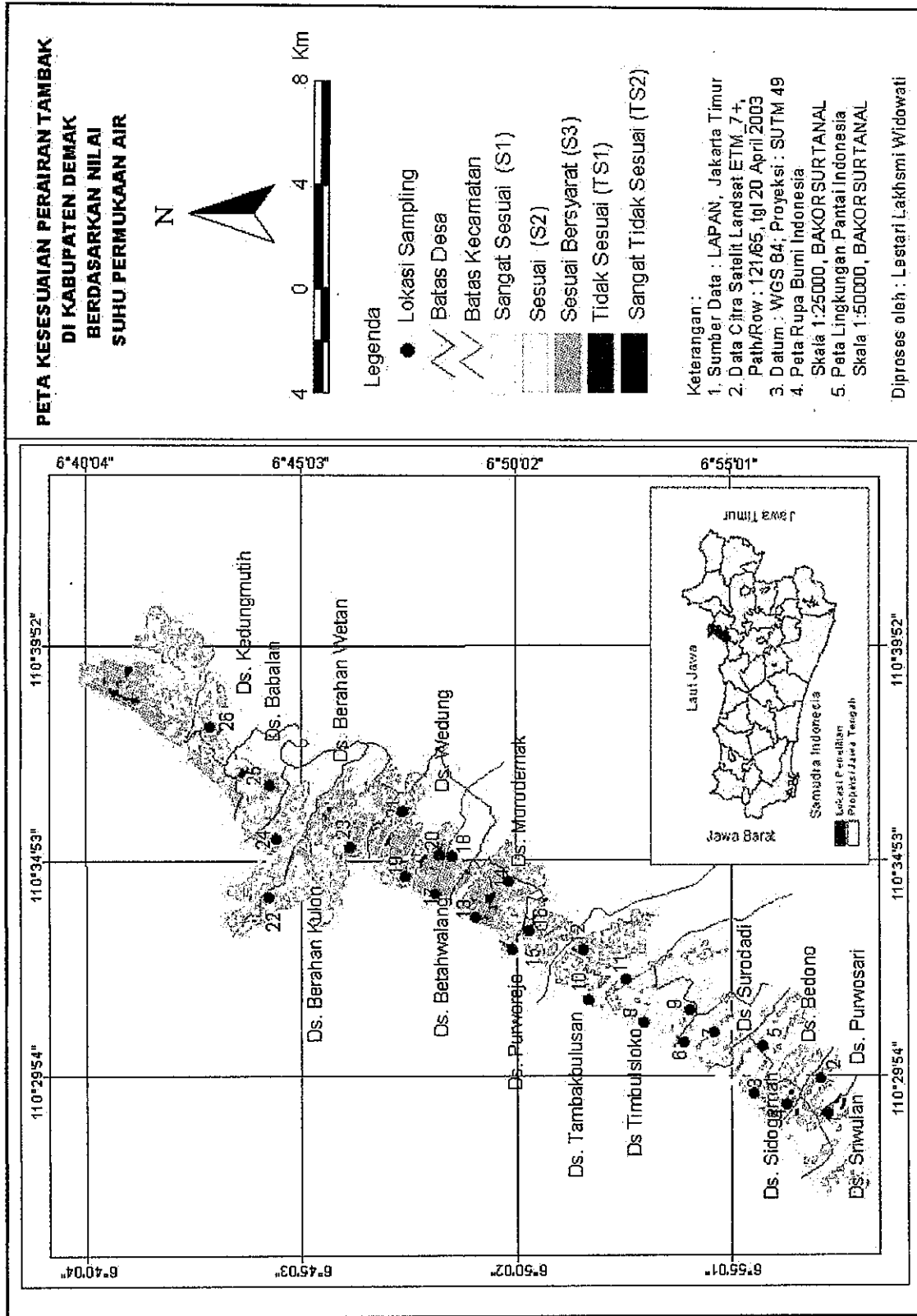
Secara umum dapat dikatakan bahwa suhu di perairan tambak sepanjang Kabupaten Demak cukup optimal bagi pertumbuhan ikan bandeng. Hanya beberapa tempat di Kecamatan Bonang dan Kecamatan Wedung berada dalam tingkat kesesuaian Sesuai Bersyarat. Hal ini disebabkan oleh kedalaman perairan yang rendah dan tidak adanya mangrove disekitar lokasi pertambakan.

Tabel 16. Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan
Nilai Suhu Permukaan Perairan (°C)

Stasiun	Kecamatan	Nama Desa	Kesesuaian Perairan Tambak	Nilai Suhu Permukaan (°C) dari Data Citra Satelit Landsat ETM7+
1	Sayung	Sriwulan (b)	Sangat Sesuai	28,5
2		Purwosari (b)	Sangat Sesuai	27,4
3		Sidogemah (a)	Sesuai	30,2
4		Sidogemah (b)	Sangat Sesuai	29,0
5		Bedono (b)	Sesuai	30,6
6		Surodadi (a)	Sangat Sesuai	27,0
7		Surodadi (b)	Sesuai	30,4
8		Timbulsloko (a)	Sesuai	30,5
9		Timbulsloko (b)	Sangat Sesuai	29,0
10	Karangtengah	Tambakbulusan (a)	Sangat Sesuai	28,5
11		Tambakbulusan (b)	Sesuai	30,2
12		Tambakbulusan (b)	Sesuai	30,8
13	Bonang	Morodemak (a)	Sesuai	31,0
14		Morodemak (b)	Sesuai	30,4
15		Purworejo (a)	Sesuai Bersyarat	32,4
16		Purworejo (b)	Sesuai Bersyarat	33,0
17		Betahwalang (a)	Sesuai Bersyarat	32,7
18		Betahwalang (b)	Sesuai Bersyarat	32,0
19	Wedung	Wedung (a)	Sesuai Bersyarat	33,0
20		Wedung (b)	Sesuai	31,4
21		Wedung (b)	Sesuai	30,8
22		Berahan Kulon (a)	Sesuai Bersyarat	33,2
23		Berahan Kulon (b)	Sesuai	28,4
24		Berahan Wetan (a)	Sesuai Bersyarat	33,2
25		Babalan (b)	Sesuai Bersyarat	32,8
26		Kedung Mutih (b)	Sesuai	31,4

Keterangan : a) = dekat laut
b) = jauh laut

Sumber: Hasil penelitian, 2003



Gambar 7. Peta Kesesuaian Perairan Tambak di Kabupaten Demak Berdasarkan Nilai Suhu Permukaan Perairan
Hasil Analisis Data Citra Satelit Landsat ETM7+ 7

4.4.3. Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Muatan Padatan Tersuspensi Hasil Analisis Data Citra Satelit Landsat ETM7+

Dilihat dari data citra satelit Landsat ETM 7 + (Gambar 8 dan Tabel 18) pada umumnya kandungan MPT sepanjang perairan tambak di Kabupaten Demak masih cukup baik untuk budidaya ikan bandeng. Hanya beberapa tempat di Kecamatan Wedung dan Bonang memiliki kandungan MPT agak tinggi. Hal ini disebabkan oleh rendahnya kedalaman tambak yaitu kurang dari 60 cm, serta dekatnya lokasi tersebut dengan sungai besar dimana terdapat aktivitas pelayaran, MPT tersebut diduga berasal dari erosi yang dibawa oleh sungai-sungai akibat aktivitas disekitarnya.

Akibat langsung oleh adanya kandungan MPT yang tinggi adalah tertutupnya insang ikan oleh partikel lumpur. Hal ini tentu saja mempengaruhi proses pernafasannya. Sedangkan akibat kedua adalah terhambatnya proses penetrasi cahaya matahari ke dalam perairan sehingga kurang baik untuk proses fotosintesis. Hal ini juga diungkapkan oleh Suminto, 1988 bahwa perairan dengan muatan padatan tersuspensi tinggi menyebabkan terhambatnya penetrasi cahaya matahari sehingga aktivitas fotosintesa menurun dan produktivitas primer perairan tersebut menjadi rendah. Pada tambak tradisional yang banyak diterapkan pada Kabupaten Demak, dimana pemeliharaan ikan bandeng banyak bergantung pada makanan alami (fitoplankton) kekeruhan harus rendah sehingga fitoplankton dapat berkembang dengan baik (Zweig, *et al* 1999). Tabel 17 berikut ini menjelaskan hubungan antara kandungan MPT dan pengaruhnya terhadap budidaya perikanan.

Tabel 17. Kandungan MPT dan Pengaruhnya terhadap Perikanan.

Kandungan MPT (mg/l)	Pengaruh terhadap perikanan
25	Baik bagi pertumbuhan kultivan, produktif
50 - 25	Produktivitas perikanan sedang sampai baik
50 - 81	Produktivitas perikanan cukup, namun perlu diupayakan perbaikan
400 - 81	Produktivitas mulai turun
> 400	Tidak produktif

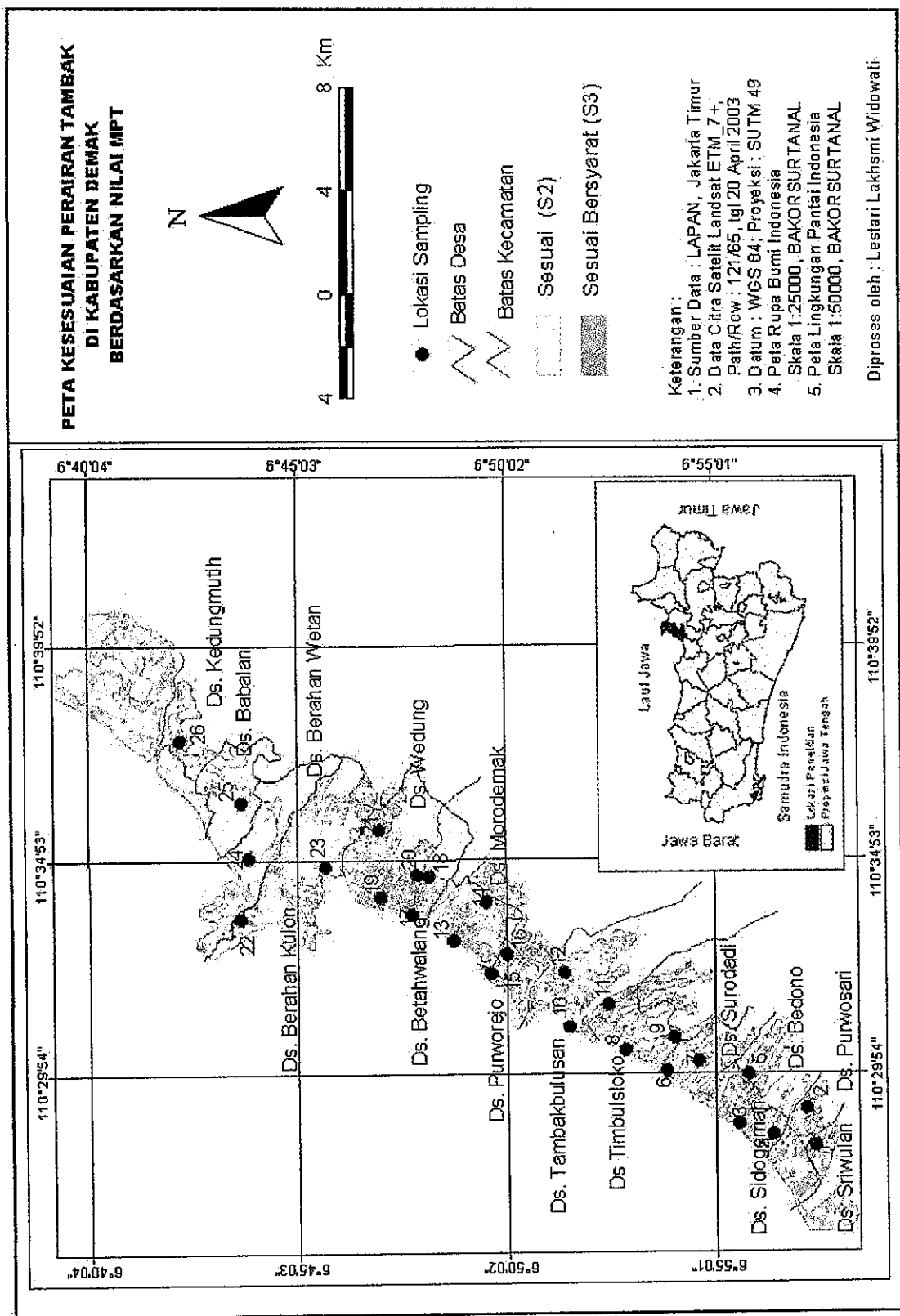
Sumber : Modifikasi dari Alabaster dan Lloyd(1980) dalam Suminto, 1988
SK KLH 1988

Tabel 18. Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Muatan Padatan Tersuspensi

Lokasi	Kecamatan	Nama Desa	Kesesuaian Perairan Tambak	Nilai MPT (ppm) dari Data Citra Satelit Landsat ETM7+
1	Sayung	Sriwulan (b)	Sesuai	28,45
2		Purvosari (b)	Sesuai	26,55
3		Sidogemah (a)	Sesuai	30,88
4		Sidogemah (b)	Sesuai Bersyarat	70,45
5		Bedono (b)	Sesuai	45,41
6		Surodadi (a)	Sesuai	35,84
7		Surodadi (b)	Sesuai	36,44
8		Timbulsloko (a)	Sesuai	39,77
9		Timbulsloko (b)	Sesuai	35,44
10	Karangtengah	Tambakbulusan (a)	Sesuai	42,55
11		Tambakbulusan (b)	Sesuai	48,26
12		Tambakbulusan (b)	Sesuai	29,47
13	Bonang	Morodemak (a)	Sesuai	26,44
14		Morodemak (b)	Sesuai	43,89
15		Purworejo (a)	Sesuai Bersyarat	80,44
16		Purworejo (b)	Sesuai	26,44
17		Betahwalang (a)	Sesuai Bersyarat	75,65
18		Betahwalang (b)	Sesuai Bersyarat	78,12
19	Wedung	Wedung (a)	Sesuai Bersyarat	80,59
20		Wedung (b)	Sesuai Bersyarat	74,25
21		Wedung (b)	Sesuai	35,71
22		Berahan Kulon (a)	Sesuai	29,45
23		Berahan Kulon (b)	Sesuai	39,45
24		Berahan Wetan (a)	Sesuai	28,75
25		Babalan (b)	Sesuai	30,45
26		Kedung Mutih (b)	Sesuai	27,88

Keterangan : a) = dekat laut
b) = jauh laut

Sumber : Hasil penelitian, 2003



Gambar 8. Peta Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Muatan Padatan Tersuspensi (MPT) dari Data Citra Satelit Landsat ETM7+ 7

4.4.4 Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan *Overlay* Nilai Klorofil α , Suhu Permukaan dan Muatan Padatan Tersuspensi, Hasil Analisis Data Citra Satelit Landsat ETM₇₊

Setelah dilakukan pembobotan dan skoring serta *overlay* dari ketiga parameter yaitu klorofil α , suhu permukaan dan MPT, secara umum dapat disimpulkan bahwa kondisi perairan tambak di Kabupaten Demak berada dalam tingkat Sesuai sampai dengan Sesuai Bersyarat (Gambar 9 dan Tabel 20).

Hasil analisis kesesuaian lahan tersebut agak berbeda dengan hasil produktivitas lahan tambak (kg/ha) pada tahun 1999, menurut Dinas Perikanan Kabupaten Demak (Tabel 19).

Tabel 19. Tingkat Kesesuaian Perairan Tambak Tiap Kecamatan di Kabupaten Demak

No,	Kecamatan	Tingkat Kesesuaian *	Produktivitas Lahan Tambak (kg/ha) tahun 1999**
1	Sayung	Sesuai	352,588
2	Karangtengah	Sesuai	1902,064
3	Bonang	Sesuai Bersyarat	2014,386
4	Wedung	Sesuai Bersyarat	123,025

* : Sumber: Hasil penelitian, 2003

** : Sumber: Bappeda Kab, Demak dan BPS Kab, Demak, 2000

Menurut Tabel 19 diatas, Kecamatan Bonang merupakan kecamatan yang paling potensial diantara kecamatan yang lain, namun pada tahun 2002 berdasarkan hasil penelitian ini Kecamatan Bonang menduduki peringkat ketiga dengan tingkat kesesuaian lahan Sesuai Bersyarat bagi kehidupan ikan bandeng di dalam tambak. Hal ini disebabkan oleh kondisi perairan yang memburuk dari waktu ke waktu tanpa pengelolaan untuk memperbaikinya. Kecamatan Wedung merupakan kecamatan dengan kondisi yang memerlukan perlakuan khusus agar dapat meningkatkan nilai produktivitas tambak, khususnya Bandeng. Berdasarkan

wawancara dengan beberapa petani tambak, kondisi perairan di kecamatan tersebut menurun drastis semenjak jatuhnya tambak udang sistem intensif yang pernah diterapkan secara besar-besaran. Berbagai perlakuan dilakukan agar hasil yang diperoleh semaksimal mungkin, namun sayangnya daya dukung lingkungan kurang diperhatikan sehingga terjadi penurunan kualitas air, Sedangkan untuk Kecamatan Karangtengah dan Sayung terjadi sedikit perubahan dimana pada tahun 1999 Kecamatan Karangtengah lebih produktif daripada Kecamatan Sayung, namun dari hasil analisis kesesuaian perairan tambak Kecamatan Sayung memiliki tingkat kesesuaian yang lebih tinggi daripada Kecamatan Karangtengah. Hal ini disebabkan oleh adanya beberapa penyuluhan dari pemerintah maupun swasta yang dicoba diterapkan oleh petani tambak, serta upaya penanaman kembali mangrove yang telah banyak ditebang,

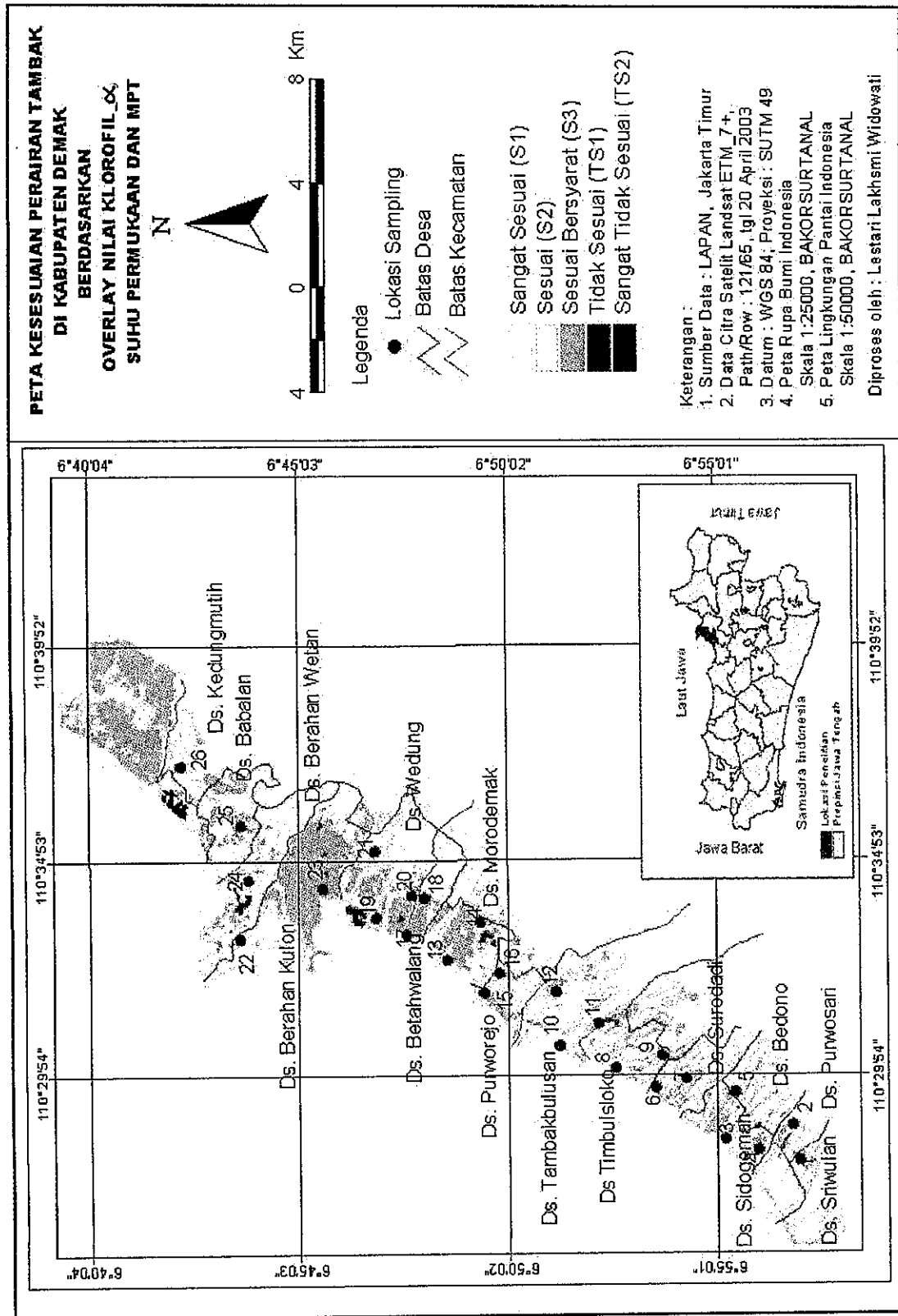
Tabel 20. Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan *Overlay* Nilai Klorofil α , Suhu Permukaan Perairan, dan Muatan Padatan Tersuspensi

Lokasi	Kecamatan	Nama Desa	Kesesuaian Perairan Tambak
1	Sayung	Sriwulan (b)	Sesuai
2		Purwosari (b)	Sesuai
3		Sidogemah (a)	Sesuai Bersyarat
4		Sidogemah (b)	Sesuai Bersyarat
5		Bedono (b)	Sesuai
6		Surodadi (a)	Sesuai
7		Surodadi (b)	Sesuai
8		Timbulsloko (a)	Sesuai
9		Timbulsloko (b)	Sesuai
10	Karangtengah	Tambakbulusan (a)	Sesuai
11		Tambakbulusan (b)	Sesuai
12		Tambakbulusan (b)	Sesuai
13	Bonang	Morodemak (a)	Sesuai
14		Morodemak (b)	Sesuai Bersyarat
15		Purworejo (a)	Sesuai Bersyarat
16		Purworejo (b)	Sesuai Bersyarat
17		Betahwalang (a)	Sesuai Bersyarat
18		Betahwalang (b)	Sesuai Bersyarat
19	Wedung	Wedung (a)	Sesuai Bersyarat
20		Wedung (b)	Sesuai Bersyarat
21		Wedung (b)	Sesuai Bersyarat
22		Berahan Kulon (a)	Sesuai
23		Berahan Kulon (b)	Sesuai
24		Berahan Wetan (a)	Sesuai
25		Babalan (b)	Sesuai Bersyarat
26		Kedung Mutih (b)	Sesuai

Keterangan : a) = dekat laut

b) = jauh laut

Sumber: Hasil penelitian, 2003



Gambar 9. Peta Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Overlay Nilai Klorofil_α, Suhu Permukaan Perairan, dan Muatan Padatan Tersuspensi, Hasil Analisis Data Citra Satelit Landsat ETM7+

4.5. Analisis Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Parameter pH, Oksigen Terlarut, Salinitas, Nitrat dan Fosfat

4.5.1. Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Parameter pH dan Oksigen Terlarut

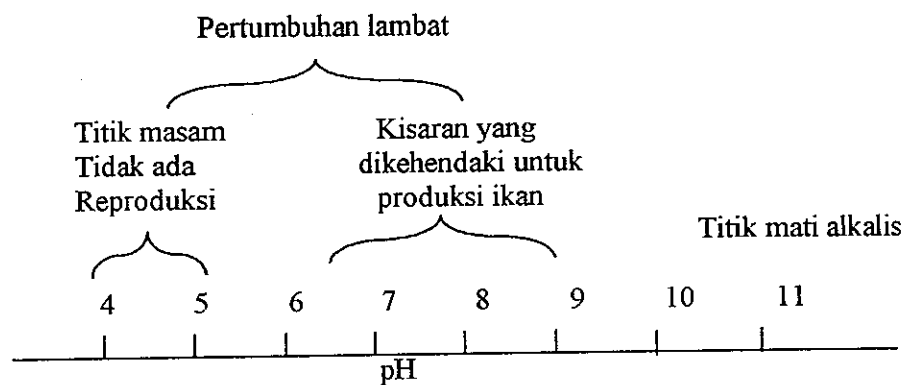
A. pH

pH atau derajat keasaman adalah kandungan ion H^+ dalam suatu perairan. Rendahnya nilai pH, kurang dari 6 menunjukkan bahwa kondisi perairan tersebut adalah asam. Keadaan ini kurang baik bagi pertumbuhan organisme tambak, dalam hal ini ikan bandeng karena akan mengganggu proses metabolisme dan selanjutnya menurunkan laju pertumbuhan. Pada pH antara 6 pertumbuhan kultivan menurun sebesar 60% (Purnomo, 1989).

Pada penelitian ini kisaran nilai pH pada perairan tambak di Kabupaten Demak berdasarkan survey lapangan adalah 4,44 – 8,75 dapat dilihat pada Tabel 21, sedangkan peta kesesuaian perairan tambak berdasarkan nilai pH dapat dilihat pada Gambar 10. Nilai pH rendah yaitu antara 4 – 7 terdapat di beberapa tempat di Kecamatan Wedung disebabkan oleh penumpukan kotoran di dasar tambak yang tidak dapat terurai dengan sempurna. Disamping itu kondisi tanah yang masih asam akibat dari penerapan tambak intensif beberapa saat yang lalu masih belum dapat teratasi. Pada kondisi perairan dengan pH asam kadar racun H_2S dan Amonia akan meningkat (Ahmad, et al, 1998). Hal yang dapat menyebabkan asamnya kondisi perairan adalah terlalu banyaknya jumlah organisme sehingga terjadi penumpukan kotoran, dan sisa pakan yang diberikan. Akumulasi tersebut mengendap di dasar perairan dan proses penguraian oleh bakteri tidak dapat terjadi dengan sempurna. Kondisi

ini dapat diatasi dengan pengolahan tanah tambak secara teratur dengan pemberian kapur (CaCO_3). Melihat nilai pH diatas, Kecamatan Wedung memiliki lahan dengan tingkat kesesuaian Sesuai Bersyarat dan Tidak Sesuai. Sedangkan pada Kecamatan Sayung dan Karangtengah umumnya nilai pH berada diatas 8, dimana pada keadaan ini sesuai untuk kehidupan ikan bandeng.

Ikan bandeng sesuai hidup pada kualitas air yang agak basa. Pada pH yang berkisar antara 8 – 9 baik bagi pertumbuhan dan reproduksi organisme. Hal ini juga dikatakan oleh Anggoro (1983) bahwa pH 8,5 baik untuk pemeliharaan ikan bandeng di tambak. Disamping itu fitoplankton dapat tumbuh dengan baik pada kisaran pH tersebut. Hubungan antara pH dan kehidupan ikan dapat dilihat pada ilustrasi 5



Ilustrasi 5. Kisaran pH dan kaitannya dengan kehidupan ikan (Achmad et al, 1998)

B. DO

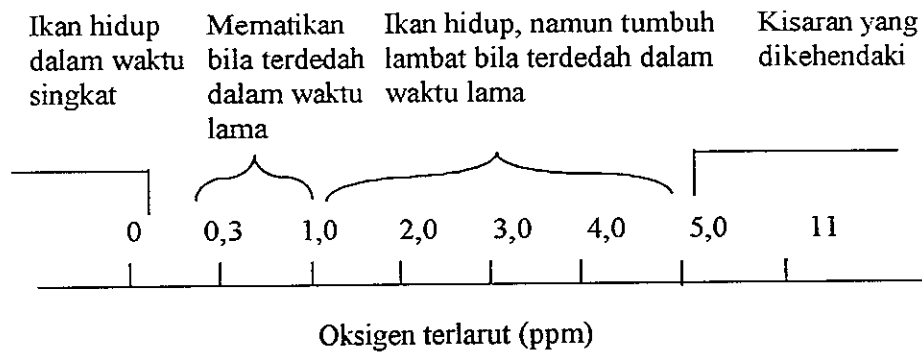
Dissolved Oksigen (DO) atau oksigen terlarut adalah kandungan oksigen dalam perairan yang digunakan oleh organisme perairan untuk bernafas sehingga kekurangan oksigen dalam air dapat mengganggu kehidupannya. Pada umumnya

organisme perairan tidak dapat secara langsung mengambil oksigen dari udara, oleh karena itu mereka membutuhkan oksigen terlarut dalam perairan.

Hasil pengukuran DO di tambak Kabupaten Demak selama penelitian berkisar antara 4,00 – 7,61 ppm (Tabel 21). Sedangkan peta kesesuaian perairan tambak berdasarkan nilai oksigen terlarut dapat dilihat pada Gambar 11. Kandungan DO yang rendah berkisar antara 4 - 5 ppm umumnya terjadi di daerah Wedung, sehingga pada kecamatan ini memiliki nilai kesesuaian lahan Sesuai Bersyarat. Hal ini disebabkan oleh rendahnya nilai pH pada daerah tersebut serta tingginya suhu permukaan air. Suhu yang tinggi mengakibatkan turunnya kandungan oksigen terlarut padahal metabolisme organisme juga meningkat sehingga kandungan oksigen terlarut semakin menurun. Pada kadar DO 2 ppm, kultivan menunjukkan gejala abnormal, berenang di permukaan, dan pada kadar DO 3-4 ppm walaupun tidak nampak secara langsung dari tingkah laku kultivan, namun hal ini berpengaruh pada pertumbuhan (Murtidjo, 2002). Kelarutan oksigen dalam air dipengaruhi oleh peubah lain seperti suhu, salinitas dan bahan organik. Peningkatan suhu, salinitas dan bahan organik akan menurunkan kandungan oksigen terlarut dalam perairan tersebut. Puernomo, 1989 mengatakan kadar oksigen yang terlalu rendah atau terlalu tinggi yang secara kronis belum mematikan, namun akan mengganggu kesehatan sehingga menghambat pertumbuhan.

Pada Kecamatan Sayung dan Karangtengah dengan nilai kesesuaian perairan tambak berdasarkan oksigen terlarut Sesuai, memiliki kandungan DO antara 5-6 ppm cukup optimal bagi pertumbuhan kultivan, dalam hal ini ikan bandeng. Oksigen yang cukup sangat berguna untuk pernafasan kultivan itu

sendiri dan untuk mencegah terbentuknya hidrogen sulfida dalam air (Mudjiman, 1996). Ilustrasi 6 menggambarkan hubungan antara konsentrasi oksigen terlarut dalam air dan kondisi ikan di dalamnya.



Ilustrasi 6. Kisaran pH dan kaitannya dengan kehidupan ikan (Achmad et al, 1998)

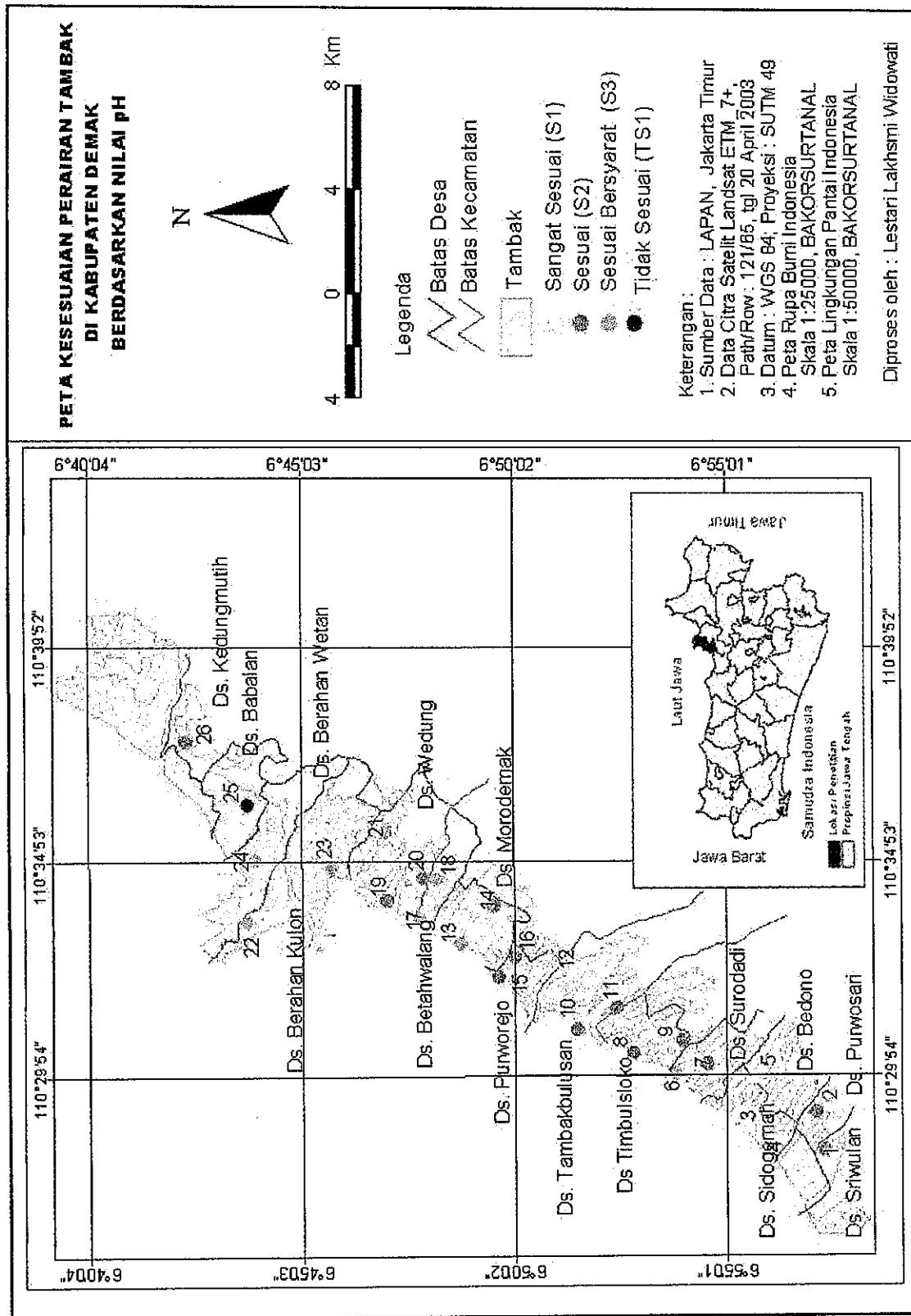
Tabel 21. Hasil Pengukuran pH dan Oksigen Terlarut serta Tingkat Kesesuaiannya

Lokasi	Kecamatan	Nama Desa	pH	Kesesuaian Perairan Tambak	DO (ppm)	Kesesuaian Perairan Tambak
1	Sayung	Sriwulan (b)	7,84	Sesuai	6,20	Sesuai
2		Purwosari (b)	8,49	Sesuai	6,52	Sesuai
3		Sidogemah (a)	8,68	Sangat Sesuai	6,90	Sesuai
4		Sidogemah (b)	8,51	Sangat Sesuai	6,06	Sesuai
5		Bedono (b)	8,75	Sangat Sesuai	7,05	Sesuai
6		Surodadi (a)	7,56	Sesuai Bersyarat	5,13	Sesuai Bersyarat
7		Surodadi (b)	8,24	Sesuai	6,24	Sesuai
8		Timbulsloko (a)	7,66	Sesuai	5,24	Sesuai Bersyarat
9		Timbulsloko (b)	7,66	Sesuai	4,50	Sesuai
10	Karangtengah	Tambakbulusan (a)	7,14	Sesuai	7,61	Sesuai
11		Tambakbulusan (b)	8,35	Sesuai	6,26	Sesuai
12		Tambakbulusan (b)	8,55	Sangat Sesuai	7,50	Sesuai
13	Bonang	Morodemak (a)	7,20	Sesuai	4,00	Sesuai
14		Morodemak (b)	8,39	Sesuai	5,00	Sesuai
15		Purworejo (a)	8,04	Sesuai	6,21	Sesuai
16		Purworejo (b)	8,16	Sesuai Bersyarat	5,24	Sesuai Bersyarat
17	Wedung	Betahwalang (a)	7,34	Sesuai Bersyarat	4,00	Sesuai Bersyarat
18		Betahwalang (b)	7,40	Sesuai Bersyarat	4,59	Sesuai Bersyarat
19		Wedung (a)	7,50	Sesuai	4,77	Sesuai
20		Wedung (b)	7,66	Sesuai Bersyarat	5,42	Sesuai Bersyarat
21		Wedung (b)	6,25	Sesuai	4,59	Sesuai Bersyarat
22		Berahan Kulon (a)	5,22	Sesuai Bersyarat	4,85	Sesuai Bersyarat
23		Berahan Kulon (b)	7,50	Sesuai Bersyarat	4,56	Sesuai Bersyarat
24		Berahan Wetan (a)	7,44	Sesuai Bersyarat	4,99	Sesuai Bersyarat
25		Babalan (b)	4,44	Sesuai Bersyarat	5,00	Sesuai
26		Kedung Mutih (b)	7,54	Sesuai	6,58	Sesuai

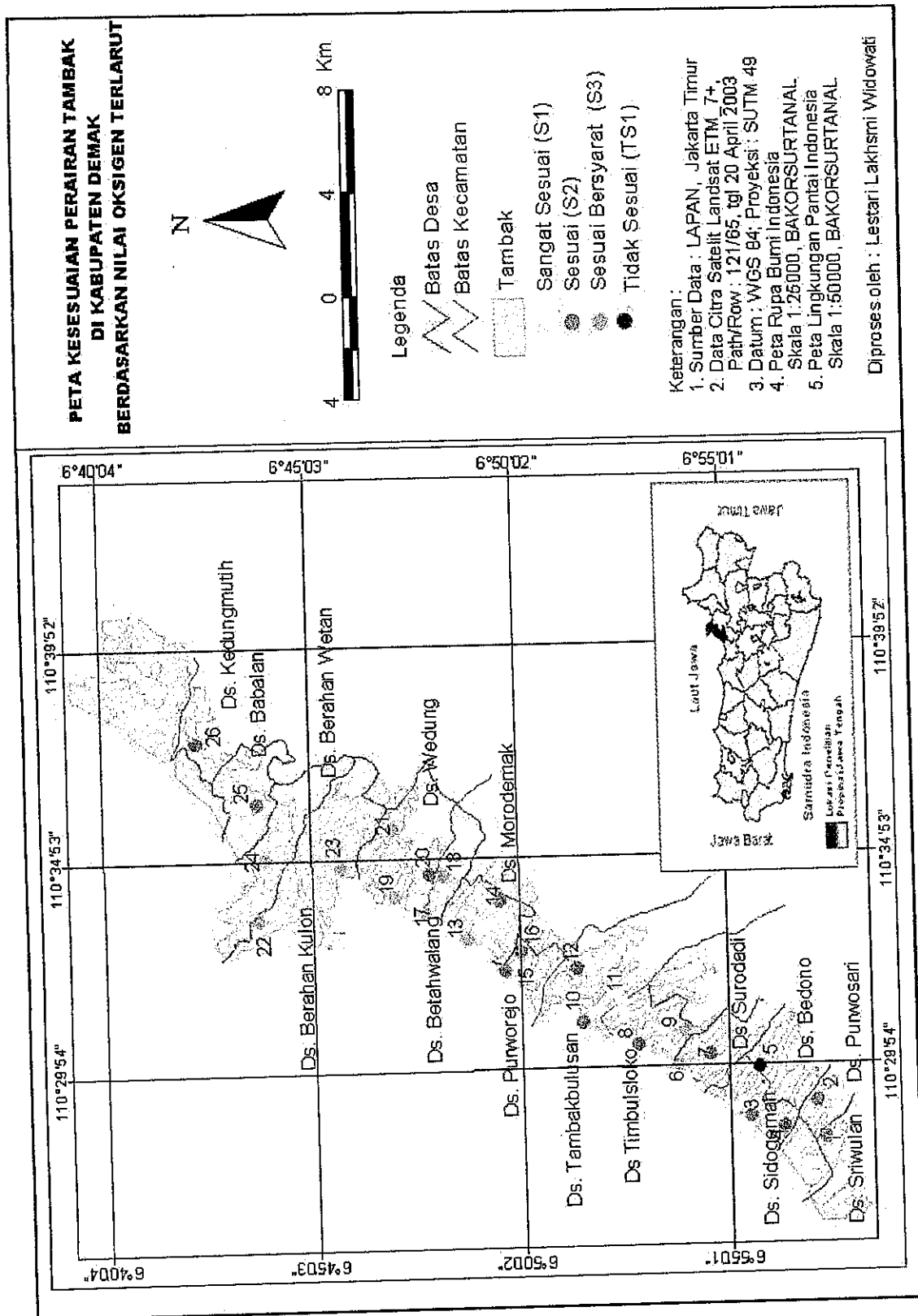
Keterangan : a) = dekat laut

b) = jauh laut

Sumber: Hasil penelitian, 2003



Gambar 10. Peta Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai pH



Gambar 1.1. Peta Kesesuaian Perairan Tambak di Kabupaten Demak Berdasarkan Nilai Oksigen Terlarut

4.5.2. Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Parameter Salinitas

Salinitas atau kadar garam adalah kandungan berbagai garam, terutama NaCl dalam air laut. Salinitas berpengaruh langsung terhadap metabolisme organisme, salinitas yang terlalu rendah atau terlalu tinggi akan mengacaukan tekanan osmotik organisme, sehingga dapat menyebabkan kematian.

Hasil survey lapangan memberikan data kandungan salinitas pada tingkat Sesuai pada Kecamatan Sayung dan Karangtengah; serta tingkat Sesuai Bersyarat pada Kecamatan Wedung dan Bonang (Tabel 23, Gambar 12). Hal ini dikarenakan pada Kecamatan tersebut mempunyai suhu permukaan yang cukup tinggi dan jarang ditanami mangrove serta kedalaman perairan kurang dari 60 cm, sehingga pada siang hari suhu permukaan perairan cukup tinggi. Tingginya suhu permukaan ini menyebabkan menguapnya air dan semakin tingginya salinitas.

Pada Kecamatan Sayung dan Karangtengah, dimana kedalaman tambak di kedua kecamatan tersebut cukup dalam dan adanya tanaman mangrove yang berfungsi sebagai pelindung dari sengatan matahari secara langsung, sehingga mengurangi penguapan didapatkan kandungan salinitas 10-15 ‰. Kisaran salinitas ini merupakan kisaran yang baik bagi pertumbuhan kultivan. Dikemukakan oleh Mudjiman (1996), salinitas yang baik bagi pertumbuhan Bandeng sebagai organisme air payau adalah 15 – 25 ‰. Bandeng akan mati pada kadar salinitas lebih dari 40 ‰ dan kurang dari 12 ‰. Salinitas ini juga berpengaruh terhadap konsumsi oksigen oleh Bandeng, dimana semakin tinggi salinitas maka semakin cepat pula konsumsi oksigen. Pada salinitas optimal energi yang digunakan untuk mengatur keseimbangan kepekatan cairan tubuh cukup rendah sehingga sebagian besar energi asal pakan dapat digunakan dapat

digunakan untuk pertumbuhan (Achmad et al, 1998). Lebih lanjut dijelaskan oleh Poernomo, 1989 bahwa pemeliharaan ikan bandeng pada salinitas 35-40 ‰ masih dapat dilakukan namun pertumbuhan lebih lambat dibandingkan dengan salinitas 15-25 ‰. Sebaliknya pada salinitas yang rendah 5-10 ‰ kultivan menjadi rentan terhadap penyakit.

Tabel 22. Hubungan Antara Suhu, Salinitas dan Oksigen Terlarut

Suhu °C	Salinitas (‰)							
	0	5	10	15	20	25	30	35
	O ₂ mg/l							
24	8,4	8,3	8,1	7,8	7,6	7,4	7,1	6,9
26	8,1	8,0	7,7	7,5	7,3	7,1	6,8	6,6
28	7,8	7,7	7,5	7,3	7,0	6,8	6,6	6,4
30	7,6	7,4	7,2	7,0	6,8	6,4	6,4	6,1
32	7,3	7,2	7,0	6,9	6,6	6,3	6,1	5,9
34	7,1	7,0	6,9	6,7	6,4	6,2	6,0	5,8
36	6,9	6,8	6,7	6,5	6,2	6,1	5,9	5,7

Sumber : Poernomo, 1989

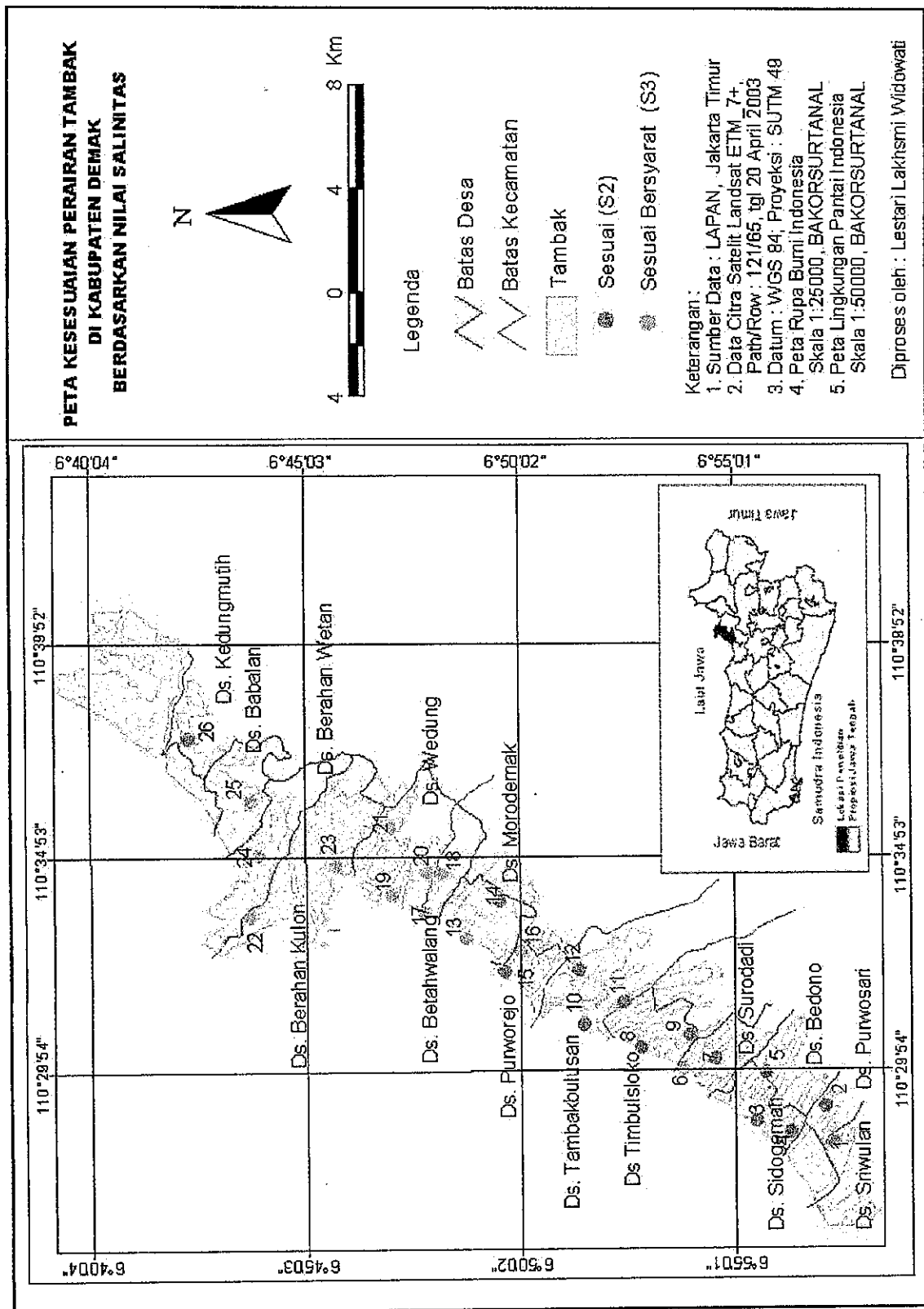
Dari Tabel 22 di atas terlihat bahwa semakin tinggi suhu dan salinitas, maka kelarutan oksigen semakin rendah.

Tabel 23. Hasil Pengukuran Salinitas dan Tingkat Kesesuaiannya

Lokasi	Kecamatan	Nama Desa	Salinitas (‰)	Kesesuaian Perairan Tambak
1	Sayung	Sriwulan (b)	12,5	Sesuai
2		Purwosari (b)	10,8	Sesuai
3		Sidogemah (a)	14,5	Sesuai
4		Sidogemah (b)	14,7	Sesuai
5		Bedono (b)	13,8	Sesuai
6		Surodadi (a)	27,7	Sesuai Bersyarat
7		Surodadi (b)	14,7	Sesuai
8		Timbulsloko (a)	14,5	Sesuai
9		Timbulsloko (b)	12,5	Sesuai
10	Karangtengah	Tambakbulusan (a)	15,0	Sesuai
11		Tambakbulusan (b)	11,4	Sesuai
12		Tambakbulusan (b)	14,2	Sesuai
13	Bonang	Morodemak (a)	27,5	Sesuai Bersyarat
14		Morodemak (b)	14,7	Sesuai
15		Purworejo (a)	14,2	Sesuai
16		Purworejo (b)	15,0	Sesuai Bersyarat
17		Betahwalang (a)	25,4	Sesuai Bersyarat
18		Betahwalang (b)	27,7	Sesuai Bersyarat
19		Wedung (a)	32,5	Sesuai Bersyarat
20		Wedung (b)	32,6	Sesuai Bersyarat
21		Wedung (b)	28,4	Sesuai Bersyarat
22		Berahan Kulon (a)	26,4	Sesuai Bersyarat
23		Berahan Kulon (b)	27,2	Sesuai Bersyarat
24		Berahan Wetan (a)	27,8	Sesuai Bersyarat
25		Babalan (b)	26,8	Sesuai Bersyarat
26		Kedung Mutih (b)	15,8	Sesuai

Keterangan : a) = dekat laut
b) = jauh laut

Sumber: Hasil penelitian, 2003



Gambar 12. Peta Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Nilai Salinitas

4.5.3. Hasil Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan Parameter Nitrat dan Fosfat

A. Nitrat dan Fosfat

Nitrat dalam perairan berperan dalam pertumbuhan fitoplankton. Dalam metabolisme fitoplankton, nitrogen dibutuhkan untuk sintesa protein, enzim dan komponen klorofil_a serta vitamin (Curis and Daniel, 1950 dalam Oktora, 2000). Fitoplankton dapat tumbuh optimal pada kandungan nitrat sebesar 0,9 – 3,5 mg/l, sedangkan pada konsentrasi dibawah 0,01 atau diatas 4,5 mg/l dapat merupakan faktor pembatas pertumbuhan fitoplankton (Oktora, 2000). Hubungan antara kandungan nitrat dan pertumbuhan organisme nabati dapat dilihat pada Tabel 24 di bawah ini.

Tabel 24. Hubungan Kandungan Nitrat dengan Pertumbuhan Organisme

Kandungan Nitrat (ppm)	Pertumbuhan organisme
0,3 – 0,9	Cukup
0,9 – 3,5	Optimum
> 3,5	Membahayakan perairan

Sumber : Chu dalam Wardoyo, 1982

Fosfat merupakan salah satu unsur esensial bagi pembentukan protein dan metabolisme sel organisme. Unsur fosfat yang larut dalam air, dapat diserap oleh organisme nabati. Kandungan fosfat terlarut dalam suatu perairan merupakan indikator yang dapat dipakai untuk menentukan tingkat kesuburannya. Klasifikasi kesuburan perairan berdasarkan kandungan fosfat dapat dilihat pada Tabel 25. Konsentrasi fosfat yang rendah menjadi faktor pembatas bagi produktivitas primer perairan. Namun jika kandungan fosfat terlalu tinggi akan menyebabkan eutrofikasi dimana hal ini juga berakibat kurang baik bagi kondisi perairan karena

terlalu banyaknya kelimpahan fitoplankton sehingga kandungan oksigen terlarut rendah dan pH turun.

Tabel 25. Hubungan Kandungan Fosfat dengan Kesuburan Perairan

Kandungan Fosfat (ppm)	Kesuburan Perairan
0,00 – 0,02	Rendah
0,021 – 0,050	Cukup
0,051 – 0,100	Baik
0,101 – 0,200	Sangat Baik
> 0,201	Sangat Baik Sekali

Sumber : Joshimura *dalam* Wardoyo, 1982

Kandungan nitrat 0,05 – 1,21 ppm dan fosfat 0,06 – 0,2 ppm pada perairan tambak Kabupaten Demak yaitu berada pada rentang kesesuaian Sesuai sampai Sesuai Bersyarat (Tabel 26, Gambar 13 dan Gambar 14). Terkait dengan beberapa parameter yang sudah dibahas sebelumnya, kisaran kandungan zat hara nitrat dan fosfat di Kecamatan Sayung lebih baik daripada Kecamatan lainnya. Hal ini disebabkan oleh adanya mangrove di sekitar tambak serta pemupukan yang dilakukan. Reruntuhan daun-daun mangrove di sekitar tambak dan penambahan beberapa unsur hara melalui pemupukan merupakan sumber hara nitrat dan fosfat yang baik.

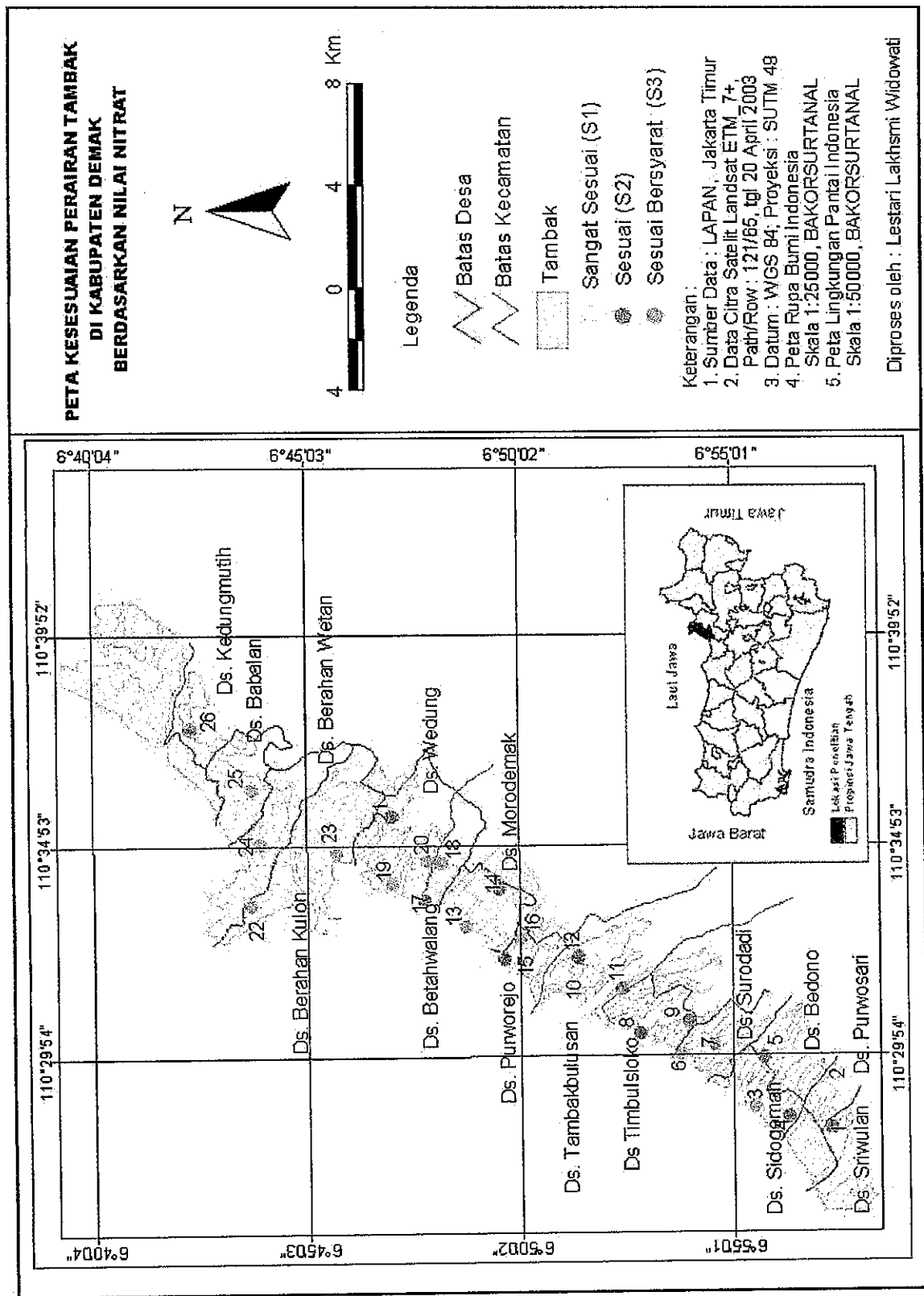
Tabel 26. Hasil Pengukuran Nitrat dan Fosfat dan Tingkat Kesesuaiannya

Lokasi	Kecamatan	Nama Desa	P_PO ₄ (ppm)	Kesesuaian Perairan Tambak	N_NO ₃ (ppm)	Kesesuaian Perairan Tambak
1	Sayung	Sriwulan (b)	0,71	Sesuai	0,14	Sesuai
2		Purwosari (b)	1,21	Sesuai	0,15	Sangat Sesuai
3		Sidogemah (a)	0,15	Sesuai	0,07	Sesuai
4		Sidogemah (b)	0,62	Sesuai Bersyarat	0,15	Sesuai Bersyarat
5		Bedono (b)	0,98	Sesuai	0,20	Sesuai
6		Surodadi (a)	0,28	Sesuai	0,19	Sesuai Bersyarat
7		Surodadi (b)	0,11	Sesuai Bersyarat	0,10	Sesuai Bersyarat
8		Timbulsloko (a)	0,69	Sesuai Bersyarat	0,07	Sesuai
9		Timbulsloko (b)	0,42	Sesuai Bersyarat	0,14	Sesuai
10	Karangtengah	Tambakbulusan (a)	1,23	Sesuai	0,09	Sesuai
11		Tambakbulusan (b)	0,36	Sesuai Bersyarat	0,19	Sangat Sesuai
12		Tambakbulusan (b)	0,42	Sesuai	0,16	Sesuai
13	Bonang	Morodemak (a)	0,24	Sesuai Bersyarat	0,07	Sesuai Bersyarat
14		Morodemak (b)	0,35	Sesuai Bersyarat	0,06	Sesuai
15		Purworejo (a)	0,55	Sesuai Bersyarat	0,06	Sesuai
16		Purworejo (b)	0,17	Sesuai Bersyarat	0,09	Sesuai Bersyarat
17	Wedung	Betahwalang (a)	0,33	Sesuai Bersyarat	0,17	Sesuai Bersyarat
18		Betahwalang (b)	0,22	Sesuai	0,08	Sesuai
19		Wedung (a)	0,2	Sesuai Bersyarat	0,09	Sesuai Bersyarat
20		Wedung (b)	0,05	Sesuai Bersyarat	0,07	Sesuai
21		Wedung (b)	0,33	Sesuai Bersyarat	0,09	Sesuai Bersyarat
22		Berahan Kulon (a)	0,07	Sesuai Bersyarat	0,05	Sesuai Bersyarat
23		Berahan Kulon (b)	0,25	Sesuai Bersyarat	0,07	Sesuai Bersyarat
24		Berahan Wetan (a)	0,28	Sesuai Bersyarat	0,09	Sesuai Bersyarat
25		Babalan (b)	0,22	Sesuai Bersyarat	0,10	Sesuai Bersyarat
26		Kedung Mutih (b)	0,74	Sesuai	0,07	Sesuai

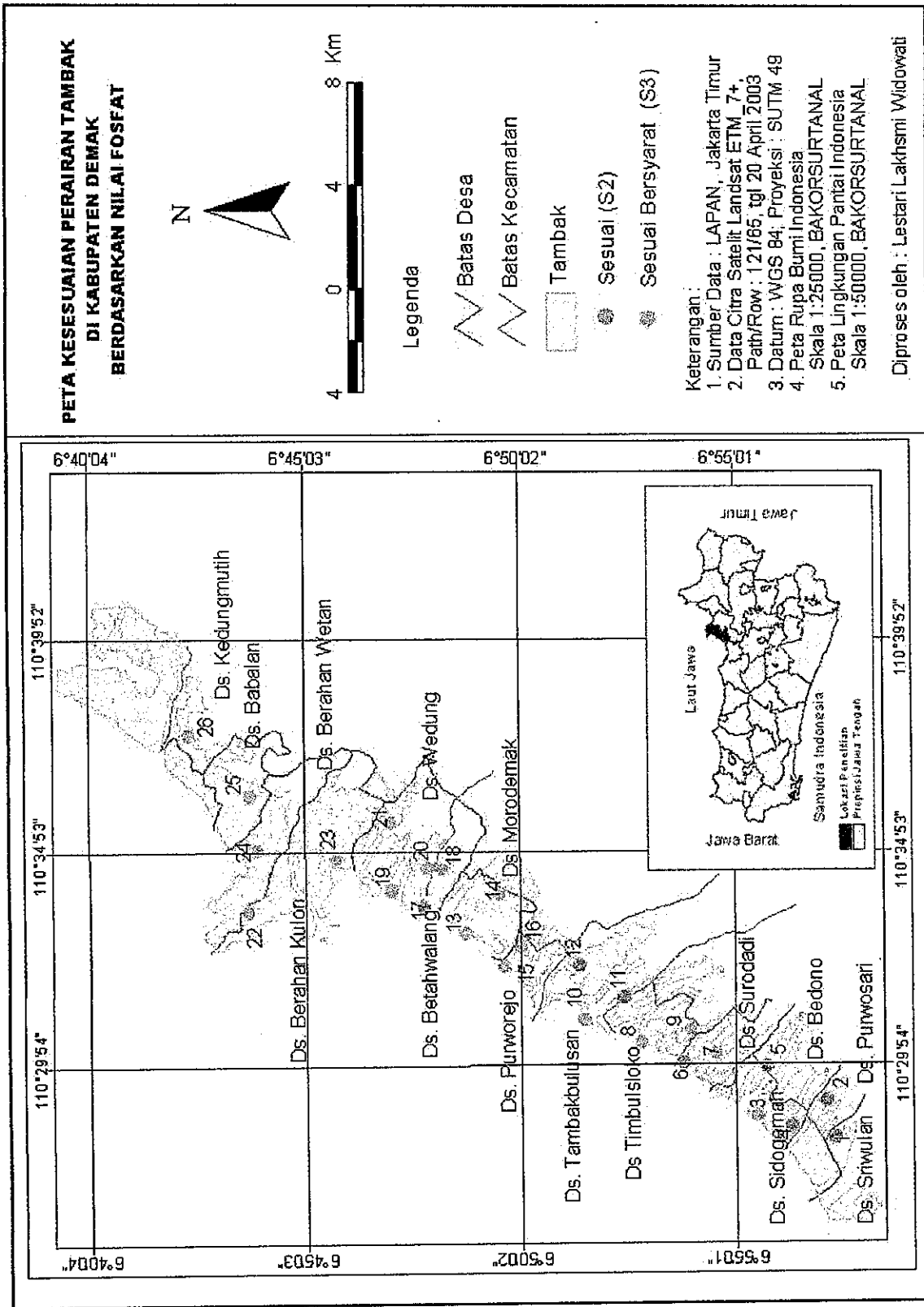
Keterangan : a) = dekat laut

b) = jauh laut

Sumber: Hasil penelitian, 2003



Gambar 13. Peta Kesesuaian Perairan Tambak di Kabupaten Demak Berdasarkan Nilai Nitrat



Gambar 14. Peta Kesesuaian Perairan Tambak di Kabupaten Demak Berdasarkan Nilai Fosfat

4.5.4. Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan *Overlay* Parameter pH, Oksigen Terlarut , Salinitas, Nitrat dan Fosfat

Secara umum hasil skoring data lapangan memberikan data bahwa kecamatan yang mempunyai tingkat kesesuaian lahan Sesuai adalah Kecamatan Sayung dan Karangtengah (Tabel 27, Gambar 15). Hal ini disebabkan karena kualitas air daerah tersebut masih baik sehingga cukup layak bagi kehidupan Bandeng. Arti dari tingkat kesesuaian lahan Sesuai adalah kondisi perairan tersebut berada pada batas minimum bagi kehidupan ikan Bandeng, sehingga produktivitas kurang maksimal. Oleh karena itu masih perlu diupayakan agar kualitas air yang ada di wilayah tersebut tidak hanya berada pada ambang batas minimum, namun berada pada keadaan optimum bagi pertumbuhan ikan Bandeng, sehingga didapatkan produktivitas yang maksimal. Mangrove yang berada di sekitar tambak ternyata berpengaruh nyata terhadap kualitas perairan, dimana pada kecamatan tersebut masih terdapat mangrove yang dapat menjaga kualitas air. Kecerahan dan kedalaman air berdasarkan hasil survey lapangan menunjukkan data yang cukup baik, dimana perairan cukup dalam dan jernih. Sedangkan pada Kecamatan Wedung dan Bonang didapatkan keadaan yang kurang baik, yaitu Sesuai Bersyarat dikarenakan akibat dari tambak intensif beberapa saat yang lalu belum dapat diatasi dengan baik dan kurangnya mangrove di lokasi pertambakan serta dangkalnya tambak menyebabkan kualitas perairan kurang sesuai bagi pertumbuhan Bandeng.

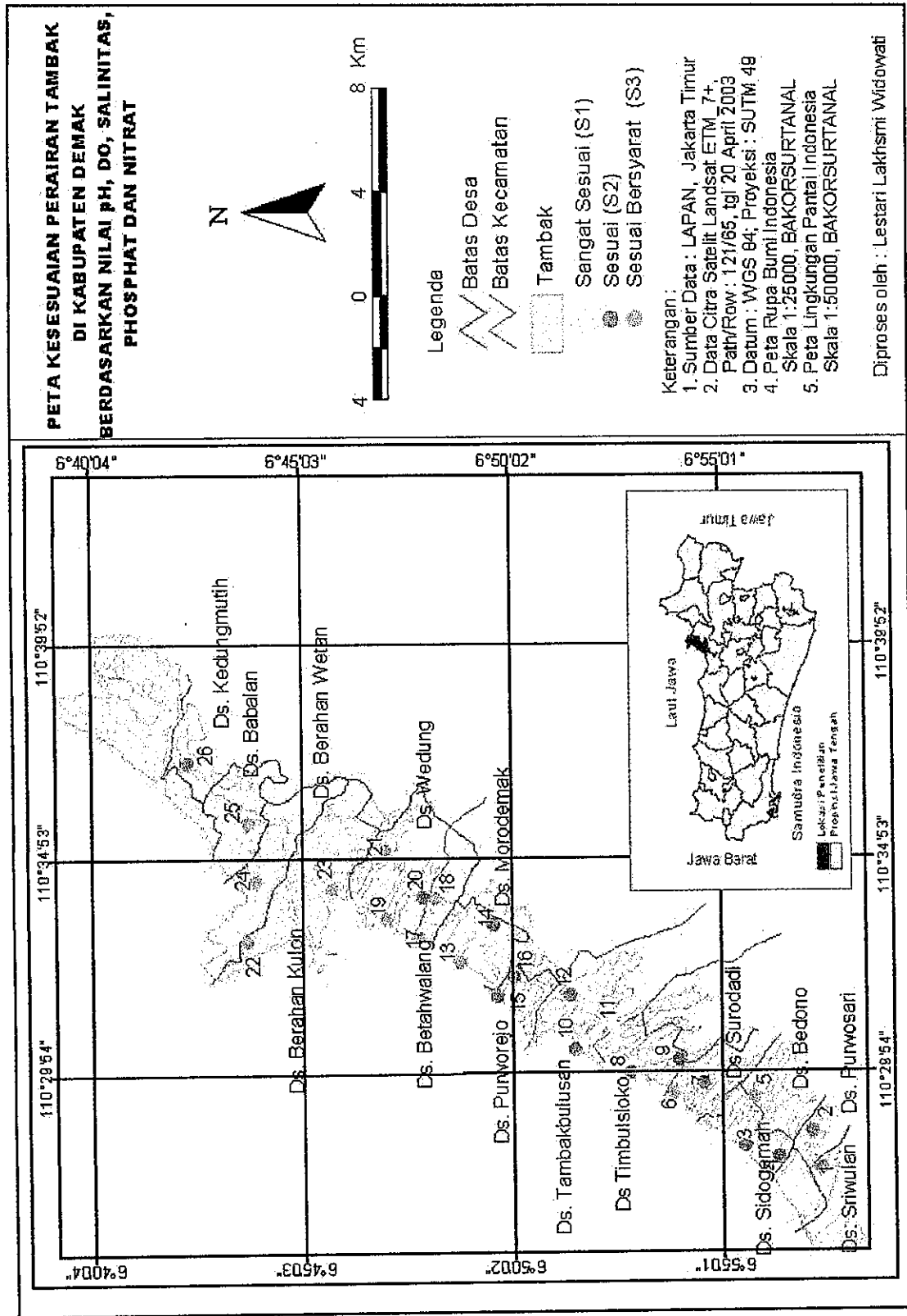
Tabel 27. Tingkat Kesesuaian Perairan Tambak Berdasarkan *Overlay* Parameter pH, Oksigen Terlarut, Salinitas, Nitrat dan Fosfat

Lokasi	Kecamatan	Nama Desa	Skor	Kesesuaian
1	Sayung	Sriwulan (b)	76	Sesuai
2		Purwosari (b)	78	Sesuai
3		Sidogemah (a)	72	Sesuai
4		Sidogemah (b)	70	Sesuai
5		Bedono (b)	60	Sesuai Bersyarat
6		Surodadi (a)	62	Sesuai Bersyarat
7		Surodadi (b)	74	Sesuai
8		Timbulsloko (a)	70	Sesuai
9		Timbulsloko (b)	76	Sesuai
10	Karangtengah	Tambakbulusan (a)	72	Sesuai
11		Tambakbulusan (b)	78	Sesuai
12		Tambakbulusan (b)	72	Sesuai
13	Bonang	Morodemak (a)	68	Sesuai
14		Morodemak (b)	76	Sesuai
15		Purworejo (a)	76	Sesuai
16		Purworejo (b)	61	Sesuai Bersyarat
17		Betahwalang (a)	60	Sesuai Bersyarat
18		Betahwalang (b)	60	Sesuai Bersyarat
19	Wedung	Wedung (a)	70	Sesuai
20		Wedung (b)	60	Sesuai Bersyarat
21		Wedung (b)	64	Sesuai Bersyarat
22		Berahan Kulon (a)	60	Sesuai Bersyarat
23		Berahan Kulon (b)	60	Sesuai Bersyarat
24		Berahan Wetan (a)	60	Sesuai Bersyarat
25		Babalan (b)	62	Sesuai Bersyarat
26		Kedung Mutih (b)	73	Sesuai

Keterangan : a) = dekat laut

b) = jauh laut

Sumber: Hasil penelitian, 2003



Gambar 15. Peta Kesesuaian Perairan Tambak di Kabupaten Demak Berdasarkan Nilai pH, DO , Salinitas, P_PO4, dan N_NO3

4.6. Produktivitas Primer Perairan

Menurut Odum (1971) produktivitas primer adalah kecepatan penyimpanan energi radiasi matahari melalui proses fotosintesis dan kemosintesa oleh organisme produsen dalam bentuk bahan organik yang dapat digunakan sebagai makanan. Kemampuan suatu perairan untuk menghasilkan sumberdaya hayati ditentukan oleh produktivitas primernya. Sedangkan produktivitas primer perairan diidentifikasi dengan kelimpahan fitoplankton atau klorofil yang terkandung di dalamnya. Produktivitas primer merupakan rantai awal dari rangkaian rantai makanan sehingga tingginya produktivitas primer di suatu perairan memungkinkan tingginya produktivitas sekunder di perairan tersebut. Proses produktivitas primer perairan dapat diuraikan sebagai berikut, fitoplankton melalui proses fotosintesis memproduksi oksigen terlarut dalam air. Oksigen tersebut dimanfaatkan oleh bakteri untuk melakukan respirasi dan menghasilkan CO₂. Bahan organik berupa alga yang telah mati akan dirombak oleh bakteri dan sekaligus dimanfaatkan sebagai energi untuk hidup dan berkembang. Hasil perombakan bahan organik yang telah mati tersebut berupa unsure hara, diantaranya adalah N dan P yang bersama CO₂ kembali dimanfaatkan fitoplankton untuk fotosintesis.

Pada lokasi penelitian, produktivitas primer di Kecamatan Sayung dan Kecamatan Karangtengah (0,1858 – 0,2678 grC/m²/jam) lebih tinggi daripada Kecamatan Bonang dan Wedung (0,1343 – 0,1942 grC/m²/jam), tertera pada Tabel 28. Hal ini disebabkan oleh beberapa aspek perairan sebagai faktor pendukung kehidupan fitoplankton, dimana fitoplankton mengandung klorofil sebagai syarat terjadinya fotosintesis. Sedangkan MPT berhubungan dengan penetasi cahaya matahari ke dalam perairan. Kondisi

perairan pada Kecamatan Sayung dan Kecamatan Karangtengah termasuk dalam kisaran yang Sesuai bagi pertumbuhan fitoplankton pada perairan tambak, dan didukung pula terdapatnya mangrove di sekitar tambak sehingga produktivitas primer di daerah tersebut cukup tinggi. Menurut Heald (1969) dalam Supriharyono (2000) dari total produksi daun mangrove hanya sekitar 5% yang dikonsumsi langsung oleh hewan terrestrial pemakannya, sedangkan sisanya (95%) masuk ke dalam lingkungan perairan sebagai serasah. Pada Kecamatan Bonang dan Wedung nilai produktivitas primer lebih rendah, hal ini dapat dilihat dari beberapa parameter kualitas air di kecamatan tersebut berada pada kisaran yang kurang Sesuai bagi kehidupan fitoplankton, sehingga kurang optimal bagi tingkat produktivitas primer perairan. Fotosintesis merupakan rantai awal dalam proses rantai makanan. Tingginya kandungan klorofil berarti merupakan salah satu faktor yang mendukung tingginya laju fotosintesis. Semakin tinggi laju fotosintesis semakin tinggi pula produktivitas primer yang terjadi di perairan, dimana produktivitas primer ini merupakan suatu langkah awal bagi kehidupan di perairan. Tambak yang diusahakan di sebagian besar Kabupaten Demak adalah tambak bandeng tradisional, dimana hanya mengandalkan pakan dari alam, yang berupa klekap. Tingginya laju produktivitas primer perairan berpengaruh nyata pula bagi tingginya pertumbuhan klekap sebagai pakan alami dalam tambak bandeng. Oleh karena itu melihat kondisi diatas, maka rata-rata laju produktivitas primer di Kecamatan Sayung dan Karangtengah yaitu $0,2 \text{ grC/m}^2/\text{jam}$ lebih tinggi daripada rata-rata laju produktivitas primer di Kecamatan Bonang dan Wedung yaitu $0,17 \text{ grC/m}^2/\text{jam}$.

Tabel 28. Nilai Produktivitas Primer Perairan Pada Lokasi Sampling

Lokasi	Kecamatan	Nama Desa	DO Botol Terang (ppm)	DO Botol Gelap (ppm)	Selisih	Produktivitas Primer (grC/m ² /jam)
1	Sayung	Sriwulan (b)	6,20	3,26	2,94	0,2207
2		Purwosari (b)	6,52	3,95	2,57	0,1925
3		Sidogemah (a)	6,90	4,42	2,48	0,1858
4		Sidogemah (b)	6,06	3,19	2,87	0,2150
5		Bedono (b)	5,59	2,02	3,57	0,2678
6		Surodadi (a)	5,13	2,63	2,50	0,1874
7		Surodadi (b)	6,24	3,36	2,88	0,2158
8		Timbulsloko (a)	5,24	2,49	2,75	0,2060
9		Timbulsloko (b)	5,50	2,73	2,77	0,2079
10	Karangtengah	Tambakbulusan (a)	7,61	4,96	2,65	0,1991
11		Tambakbulusan (b)	6,26	3,58	2,68	0,2008
12		Tambakbulusan (b)	6,70	3,82	2,48	0,2158
13	Bonang	Morodemak (a)	6,00	3,52	2,88	0,1859
14		Morodemak (b)	6,20	3,70	2,50	0,0876
15		Purworejo (a)	6,21	3,62	2,59	0,1942
16		Purworejo (b)	5,00	2,55	2,45	0,1835
17		Betahwalang (a)	4,36	3,01	1,35	0,1011
18		Betahwalang (b)	4,59	2,03	2,56	0,1917
19	Wedung	Wedung (a)	4,77	2,16	2,61	0,1961
20		Wedung (b)	4,42	3,58	1,84	0,1380
21		Wedung (b)	4,59	2,80	1,79	0,1343
22		Berahan Kulon (a)	5,00	2,41	2,59	0,0941
23		Berahan Kulon (b)	4,56	2,42	2,15	0,1609
24		Berahan Wetan (a)	5,00	2,68	2,32	0,1741
25		Babalan (b)	5,50	3,24	2,26	0,1692
26		Kedung Mutih (b)	6,58	4,13	2,45	0,1835

Keterangan : a) = dekat laut
b) = jauh laut

Sumber: Hasil penelitian, 2003

4.7. Plankton

Plankton adalah organisme renik dalam air yang bergerak mengikuti arus. Menurut jenisnya plankton terbagi menjadi 2 yaitu fitoplankton dan zooplankton. Fitoplankton di dalam suatu perairan merupakan organisme yang sangat berarti bagi kehidupan selanjutnya, karena fitoplankton mengandung klorofil sebagai faktor utama terjadinya proses fotosintesis. Sedangkan zooplankton adalah organisme pemakan fitoplankton, yang berfungsi sebagai awal dari produktivitas sekunder.

Hasil penelitian di Kabupaten Demak menunjukkan bahwa pada Kecamatan Sayung dan Karangtengah mempunyai nilai kelimpahan plankton antara 30.000 – 85.000 ind/liter. Keadaan ini menunjukkan bahwa tambak tersebut termasuk perairan subur. Hal ini disebabkan kandungan beberapa parameter perairan yaitu suhu, DO, pH, salinitas, N_{NO_3} dan P_{PO_4} . Khususnya kandungan Fosfat, yang disebutkan oleh Joshimura dalam Wardoyo (1982) bahwa pada nilai Fosfat 0,1 – 0,2 termasuk dalam kesuburan perairan yang cukup baik. Sedangkan pada Kecamatan Wedung dan Bonang, kondisi perairan kurang sesuai bagi kehidupan plankton sehingga nilai kelimpahan fitoplankton pada lokasi tersebut lebih rendah daripada kedua kecamatan diatas, yaitu 15.000 – 50.000 ind/liter (Tabel 29).

Ditinjau dari jenis plankton, pada lokasi penelitian terdapat 26 genus, dan digolongkan menjadi 4 kelas yaitu *Cyanophyceae (Oscillatoria)*, *Chlorophyceae*, *Bacillariophyceae (Nitzschia, Pleurosigma, Navicula, chaetoceros, Rhizosolenia, Coscinodiscus)*, *Pyrrophyceae (Peridinium, Ceratium)* dan *Chaetognata* (Lampiran 12). Fitoplankton dari kelas Bacillariophyceae ditemukan dengan jumlah paling besar dibanding dengan kelas lainnya. Nilai H' atau indeks keanekaragaman menggambarkan keanekaragaman jenis plankton yang terdapat di suatu perairan. Indeks ini berkisar antara –2 sampai 2. Dimana semakin mendekati 2 berarti plankton pada daerah tersebut semakin beraneka ragam. Walaupun pada lokasi penelitian termasuk daerah yang subur, namun dilihat dari indeks keanekaragamannya kurang baik. Nilai H' yang berkisar antara 0,1 – 0,3 dan menunjukkan bahwa kondisi perairan tersebut hanya sesuai bagi kehidupan organisme tertentu. Hal ini diperjelas dengan indeks keseragaman (e) 0,05 – 0,3 yang berarti pada perairan tersebut didominasi oleh

organisme tertentu. Nilai e atau indeks keseragaman menunjukkan kesamaan jenis organisme pada suatu perairan. Nilai e berkisar antara 0 – 1. Dimana jika mendekati 1 berarti perairan tersebut tidak didominasi oleh suatu jenis plankton tertentu.

Tabel 29. Kelimpahan Plankton (N) (ind/l), Keseragaman Jenis (H'), Keanekaragaman Jenis (e), Saprobik Indeks (SI) dan Tropik Saprobik Indeks (TSI)

Lokasi	Kecamatan	Nama Desa	N	H'	e	SI	TSI
1	Sayung	Sriwulan (b)	57.324	0,164	0,061	1,70	1,86
2		Purwosari (b)	74.840	0,124	0,054	1,80	2,05
3		Sidogemah (a)	65.445	0,187	0,045	1,55	1,76
4		Sidogemah (b)	36.624	0,217	0,099	1,50	1,56
5		Bedono (b)	50.965	0,107	0,107	1,57	1,41
6		Surodadi (a)	73.248	0,140	0,049	1,77	2,19
7		Surodadi (b)	50.955	0,165	0,165	2,25	1,81
8		Timbulsloko (a)	54.223	0,247	0,245	1,40	1,50
9		Timbulsloko (b)	42.556	0,188	0,105	1,40	1,40
10	Karangtengah	Tambakbulusan (a)	82.802	0,109	0,109	1,75	1,50
11		Tambakbulusan (b)	84.395	0,167	0,167	1,30	1,40
12		Tambakbulusan (b)	46.178	0,188	0,078	2,14	2,16
13	Bonang	Morodemak (a)	41.401	0,206	0,086	1,86	1,47
14		Morodemak (b)	50.955	0,162	0,188	1,00	1,47
15		Purworejo (a)	22.293	0,295	0,183	1,20	1,43
16		Purworejo (b)	14.331	0,101	0,111	1,30	1,38
17		Betahwalang (a)	49.363	0,372	0,372	1,50	1,20
18		Betahwalang (b)	44.586	0,156	0,156	1,67	1,62
19	Wedung	Wedung (a)	23.885	0,275	0,171	1,50	1,80
20		Wedung (b)	50.955	0,108	0,108	1,75	1,77
21		Wedung (b)	25.477	0,288	0,138	1,00	1,60
22		Berahan Kulon (a)	36.554	0,199	0,124	2,25	2,76
23		Berahan Kulon (b)	22.293	0,329	0,329	1,57	1,57
24		Berahan Wetan (a)	51.665	0,114	0,221	1,57	1,67
25		Babalan (b)	24.258	0,104	0,147	1,40	1,50
26		Kedung Mutih (b)	18.554	0,123	0,254	1,67	1,56

Keterangan : a) = dekat laut

b) = jauh laut

Sumber: Hasil penelitian, 2003

4.8. Saprobik Indeks (SI) dan Tropik Saprobik Indeks (TSI)

Saprobik Indeks atau SI mencerminkan derajat pencemaran yang terjadi di dalam perairan dan ditunjukkan oleh banyaknya jasad renik indikator pencemaran (Anggoro, 1983). TSI merupakan analisis yang bertumpu pada evaluasi terhadap parameter penyubur. Kelimpahan plankton berdasarkan kelompok saprobitas dapat dilihat pada Tabel 31. Menurut Pringgospupuro, 1993 keberadaan organisme saprobitas sebagai indikator suatu perairan ditentukan oleh kualitas lingkungan perairan tersebut. Hal ini disebabkan karena tiap jenis organisme saprobitas akan menempati perairan tertentu. Pada lokasi penelitian nilai SI pada Kecamatan Sayung dan Karangtengah adalah 1,5 – 2,2 sedangkan nilai TSI antara 1,5 – 2,3. Hal ini berarti pada lokasi tersebut kondisi perairannya berada pada tingkat oligosaprobik dengan indikasi pencemaran ringan sampai belum tercemar, kesuburan dapat dimanfaatkan dan cocok untuk budidaya bandeng. Sedangkan pada Kecamatan Bonang dan Wedung nilai SI mempunyai rata-rata kurang dari 1,5. Hal ini menunjukkan bahwa perairan tersebut berada pada kondisi β -mesosaprobik yang berarti tercemar ringan sampai sedang dengan indikasi perairan dengan kesuburan dapat dimanfaatkan dan cocok bagi budidaya kerang, tiram, bandeng dan rumput laut. Kriteria penilaian tingkat saprobitas didasarkan pada pendapat Lee et al, 1978 dan Konbs, 1978 *dalam* Anggoro, 1983 tertera pada Tabel 30 dibawah ini.

Tabel 30. Nilai Saprobik Indeks (SI), Tropik Saprobik Indeks (TSI) dan Indikasinya di Perairan

Nilai SI dan TSI	Tingkat saprobitas	Indikasi
-3 s/d -2	Polisaprobik	<ul style="list-style-type: none"> - Pencemaran berat - Kesuburan sulit dimanfaatkan - Tidak cocok untuk budidaya laut
-2 s/d 0,5	α -Mesosaprobik	<ul style="list-style-type: none"> - Pencemaran sedang sampai berat - Kesuburan sulit dimanfaatkan - Tidak cocok untuk lokasi budidaya
0,5 – 1,5	β -Mesosaprobik	<ul style="list-style-type: none"> - Pencemaran sedang sampai ringan - Kesuburan dapat dimanfaatkan - Dapat dimanfaatkan untuk lokasi budidaya kerang, tiram, ikan kakap, bandeng dan rumput laut
$\geq 1,5$	Oligosaprobik	<ul style="list-style-type: none"> - Pencemaran ringan atau belum tercemar - Kesuburan dapat dimanfaatkan - Dapat dimanfaatkan untuk lokasi budidaya kerang, tiram, kakap, bandeng, udang dan rumput laut

Sumber : Lee et al (1978) dan Knobs (1978) dalam Anggoro (1983)

Keadaan perairan ini dipengaruhi oleh kualitas air di masing-masing lokasi. Pada Kecamatan Sayung dan Karangtengah kualitas air masih cukup baik atau belum tercemar berat, sehingga jenis plankton yang hidup pada perairan tersebut adalah plankton yang memiliki kekhususan untuk hidup pada perairan oligosaprobik yaitu perairan yang cukup subur. Sedangkan pada Kecamatan Bonang dan Wedung, kualitas perairan sudah mengalami penurunan sehingga jumlah maupun jenis plankton yang hidup di perairan tersebut memberikan indikasi suatu perairan dengan derajat pencemaran ringan sampai sedang.

Tabel 31. Kelimpahan Rata-rata Organisme Plankton Berdasarkan Kelompok Saprobitas

No.	Genus	Kelimpahan Plankton (Indv / l)												
		Lokasi 1	Lokasi 2	Lokasi 3	Lokasi 4	Lokasi 5	Lokasi 6	Lokasi 7	Lokasi 8	Lokasi 9	Lokasi 10	Lokasi 11	Lokasi 12	Lokasi 13
A. Polysaprobik														
Jumlah (ind/l)														
B. α - Mesosaprobik														
1	Ceratium	3184.27		6369.44			1592.36	6369.44						
2	Dinophysis													
3	Globigerina			1592.36	6369.44		11146.52	1592.36	9554.16					
4	Peridinium	1592.36	22293.04						1592.36	6369.44		1592.36	3184.72	11146.52
5	Notholca													
Jumlah (ind/l)		4776.63	22293.04	7961.80	6369.44		12738.88	7961.80	1592.36	15923.6		1592.36	3184.72	11146.52
C. β - Mesosaprobik														
1	Amphora		1592.36	3184.72	1592.36			3184.72	1592.36					
2	Acartia	3184.27											1592.36	4777.08
3	Balanus													
4	Melosira	3184.27				7961.80	11146.52	1592.36	3184.72		1592.36	4777.08	12738.88	
5	Nitzschia		14331.24	25477.76	14331.24									
6	Oscillatoria	6368.54	1592.36		1592.36									
7	Navicula				1592.36		4777.08		4777.08					
8	Thalassiosira												1592.36	1592.36
9	Surinella													
10	Thalassiosira				1592.36					3184.72				
Jumlah (ind/l)		12737.08	17515.96	28662.48	20700.68	7961.8	15923.6	9554.16	9554.16	7961.8	1592.36	12738.88	15923.6	6369.44
D. Oligosaprobik														
1	Chaetoceros	3184.20	3184.20	7961.80	3184.20	12738.88	3184.72	12738.88	9554.16		9554.16	4777.08	1592.36	4777.08
2	Coscinodiscus	3184.20		1592.36	7961.80			4777.08				25477.76		
3	Fragilaria		3184.20	6369.44	6369.44	1592.36	3184.72		9554.16	12738.88	6369.44	3184.72	3184.72	3184.72
4	Rhizosolenia	25477.76	1592.36	1592.36	1592.36		1592.36	6369.44	6369.44		25477.76		6369.44	6369.44
5	Pleurosigma	1592.36	1592.36		3184.20	9554.16		6369.44	4777.08	6369.44		6369.44	4777.08	
6	Copepoda	1592.36					1592.36	1592.36						3184.20
Jumlah (ind/l)		33438.52	9553.12	17515.96	22292.00	23885.40	7961.80	30254.84	14331.24	19108.32	41401.36	36624.28	9554.16	14331.24
E. Lainnya														
1	Prorocentrum	1592.36	9554.16	3184.72	3184.72	4777.08	3184.72	1592.36	3184.72					
2	Denticula		3184.72	1592.36			9554.16						4777.08	
3	Pelagobothrix				1592.36			1592.36		7961.80	7961.80			1592.36
4	Calanus		1592.36										6369.44	6369.44
5	Mysid													1592.36
Jumlah (ind/l)		1592.36	14331.24	4777.08	4777.08	4777.08	14331.24	3184.72	11146.52	7961.80	50955.52	50955.52	35031.92	41401.36
Jumlah Total (Ind/l)		52544.59	63693.36	58917.32	54139.20	36624.28	50955.52	50955.52	36624.28	42993.72	50955.52	50955.52	35031.92	41401.36
Jumlah Jenis A		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Jumlah Jenis B		2	1	2	1	0	2	2	1	2	0	1	1	1
Jumlah Jenis C		5	3	3	5	1	2	3	3	2	1	2	3	2
Jumlah Jenis D		5	4	4	5	3	4	5	2	2	3	3	3	4
Jumlah Jenis E		1	3	2	2	1	3	2	3	1	1	1	1	3

Lanjutan

No.	Genus	Kelimpahan Plankton (Indv / l)													
		Lokasi 14	Lokasi 15	Lokasi 16	Lokasi 17	Lokasi 18	Lokasi 19	Lokasi 20	Lokasi 21	Lokasi 22	Lokasi 23	Lokasi 24	Lokasi 25	Lokasi 26	
A. Polysaprobik															
Jumlah (Ind/l)															
B. α - Mesosaprobik															
1	<i>Ceratium</i>			1592.36					1592.36			4777.08	6369.44	3184.72	
2	<i>Dinophysis</i>		1592.36						1592.36			12738.88	4777.08	3184.72	
3	<i>Globigerina</i>	6369.44	14331.24	1592.36	3184.72	4777.08	1592.36	3184.72	3184.72	3184.72	4777.08	3184.72	4777.08	6369.44	
4	<i>Peridinium</i>													4777.08	
5	<i>Notholca</i>	6369.44	15923.6	3184.72	3184.72	4777.08	1592.36	4777.08	3184.72	17515.96	7961.8	9554.16	9554.16	11146.52	
Jumlah (Ind/l)															
C. β - Mesosaprobik															
1	<i>Amphora</i>												7961.8	4777.08	
2	<i>Acartia</i>			3184.72					3184.72			3184.72	3184.72	6369.44	
3	<i>Balanus</i>			4777.08								6369.44	1592.36	1592.36	
4	<i>Melosira</i>													17515.96	
5	<i>Nitzschia</i>	20700.68	15923.6				6369.44	3184.72	7961.8	4777.08	4777.08	15923.6	1592.36		
6	<i>Navicula</i>														
7	<i>Oscillatoria</i>		3184.72				3184.72	1592.36	19108.32	3184.72	1592.36	1592.36		9554.16	
8	<i>Thalassiosira</i>		1592.36				9554.16	3184.72	3184.72	1592.36	1592.36				
9	<i>Surinella</i>			3187.2											
Jumlah (Ind/l)		20700.68	20700.68	11149	9554.16	30254.84	12738.88	7961.8	27070.12	7961.8	9554.16	11146.52	30254.84	38216.64	
D. Oligosaprobik															
1	<i>Bacteriastrium</i>														
2	<i>Chaetoceros</i>	4777.08					9554.16		1592.36				1592.36	3184.72	
3	<i>Coscinodiscus</i>	4777.08	1592.36		1592.36			4777.08	4777.08	4777.08			1592.36	6369.44	
4	<i>Fragillaria</i>		1592.36					3184.72	3184.72	3184.72			6369.44	4777.08	
5	<i>Rhizosolenia</i>		7961.8					6369.44	6369.44	6369.44	1592.36	6369.44			
6	<i>Pleurosigma</i>						3184.72	3184.72	3184.72	4777.08	1592.36	3184.72	3184.72		
Jumlah (Ind/l)		9554.16	11146.52	6963.44	1592.36	12738.88	20700.68	14331.24	20700.68	6369.44	4777.08	22293.04	4777.08	11146.52	
E. Lainnya															
1	<i>Prorocentrum</i>	1592.36										1592.36			
2	<i>Denticula</i>	1592.36													
3	<i>Pellagothrix</i>													3184.72	
4	<i>Calanus</i>						3184.72								
5	<i>Mysid</i>						1592.36								
6	<i>Favella</i>											1592.36			
Jumlah (Ind/l)		3184.72	0	0	0	4777.08	9554.16	4777.08	0	6369.44	0	1592.36	1592.36	3184.72	
Jumlah Total (Ind/l)		39809	47770.8	21297.16	14331.24	52547.88	44586.08	31847.2	50955.52	38216.64	22293.04	44586.08	46178.44	63694.4	
Jumlah Jenis A		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Jumlah Jenis B		1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	
Jumlah Jenis C		1	3	3	2	3	3	3	2	3	3	3	5	4	
Jumlah Jenis D		2	3	1	1	2	3	3	5	2	2	2	2	3	
Jumlah Jenis E		2	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	

BAB V

5.1. KESIMPULAN

- 1 a. Formulasi yang digunakan untuk menduga nilai klorofil_α di perairan tambak Kabupaten Demak adalah: $\text{Klorofil}_\alpha (\mu\text{g/l}) = 17,912((b1-b2)/(b1+b2)) - 0,3343$, dengan kisaran nilai 0,368 – 2,852 $\mu\text{g/l}$.
 - b. Formulasi yang digunakan untuk menduga nilai suhu permukaan perairan di perairan tambak Kabupaten demak adalah:
suhu permukaan perairan ($^{\circ}\text{C}$) = $0,6674(B6) - 75.544$, dengan kisaran nilai 25, 03 – 33,76 ($^{\circ}\text{C}$).
 - c. Formulasi yang digunakan untuk menduga nilai Muatan Padatan Tersuspensi di perairan tambak Kabupaten demak adalah:
 $\text{MPT (ppm)} = -15,8049 + 0,6657(B1) - 1,0665(B2) + (0,9437(B3) + 0,1939(B4))$, dengan kisaran nilai 26,074 – 71,699 ppm.
2. Kondisi perairan tambak di Kabupaten Demak adalah Sesuai pada Kecamatan Sayung, Kecamatan Karangtengah, serta Sesuai Bersyarat pada sebagian besar Kecamatan Bonang dan Kecamatan Wedung. Hal ini berarti perairan tambak di Kabupaten Demak masih bisa dikembangkan dengan upaya-upaya khusus.

5.2. SARAN

1. Perlu diupayakan penggunaan teknologi penginderaan jarak jauh sebagai upaya memperoleh informasi yang lebih cepat, kontinyu serta dapat mencakup daerah yang luas.
2. Perlu dikembangkan usaha pertambakan di Kabupaten Demak sesuai dengan kondisi masing-masing kecamatan. Dimana pada Kecamatan Sayung dan Karangtengah dengan kondisi perairan Sesuai yang hanya memenuhi persyaratan minimum dapat ditingkatkan menjadi perairan yang memenuhi persyaratan optimum. Sedangkan pada Kecamatan Bonang dan Wedung pada tingkat kesesuaian Sesuai Bersyarat, dapat dilakukan upaya-upaya khusus untuk meningkatkan kualitas perairannya. Peningkatan kualitas air ini dapat dilakukan dengan jalan penambahan penanaman mangrove, pemupukan ataupun perbaikan petakan tambak.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianto, E dan Liviawaty, E., 1991. **Teknik Pembuatan Tambak Udang**. Kanisius. Yogyakarta.
- Ahmad, T., dkk, 1998. **Budidaya Bandeng Secara Intensif**. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Anggoro, S., 1983. **Permasalahan Kesuburan Perairan bagi Peningkatan Produksi Ikan di Tambak**. Fakultas Peternakan, Universitas Diponegoro, Semarang
- Anggoro, S., 1994. **Analisis Tropik Saprobik (TROSAP) untuk Menilai Kelayakan Lokasi Budidaya Laut**. Makalah Teknis sebagai bahan Workshop Marine Station dan Marine Culture P.S. Ilmu Kelautan SeIndonesia.
- Biro Pusat Statistik Propinsi Jawa Tengah. 2000. **Luasan Penggunaan Lahan di Jawa Tengah**.
- Biro Pusat Statistik Kabupaten Demak. 2000. **Demak dalam Angka**.
- APHA, AWWA and WPCF. 1976. **Standart Methods for The Examination of Water and Waste Water**. American Public Health Association Inc. New York.
- Asih, F. W., 2002. **Studi Pemetaan terhadap Hubungan Sebaran Klorofil_a dengan Unsur Hara di Perairan Cilacap, Jawa Tengah**. Skripsi Jurusan Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Cholik, F., 1988. **Pengaruh Mutu Air Terhadap Produksi Udang Tambak**. Disampaikan dalam Seminar Satu Hari. Jakarta.
- Dahuri, R., Rais, J., Ginting, S.P., Sitepu, M.J., 1996. **Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu**. Pradnya Paramita. Jakarta.
- Dimiyati, R.D., dan Dimiyati, M., 1998. **Remote Sensing dan Sistim Informasi Geografis untuk Perencanaan**. Universitas Muhammadiyah Jakarta. Jakarta.
- Danoedoro, P., 1996. **Pengolahan Citra Digital**. Fakultas Geografi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Dinas Perikanan dan Kelautan. 200. **Jawa Tengah dalam Angka**. Pemerintah Propinsi Jawa Tengah

- Gaol, J.L., 1997. **Pengkajian Kualitas Perairan Pantai Utara Jawa Menggunakan Citra Satelit Landsat_TM**. Program Pasca Sarjana. IPB. Bogor.
- Gerking, S. D., 1978. **Ecology of Freshwater Fish Production**. Halsted Press, New York.
- Hadi,S., 1982. **Metode Research**. Fakultas Psikologi Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- Hartoko, A., 2000. **Teknologi Pemetaan Dinamis Sumberdaya Ikan Pelagis Melalui Analisis Terpadu Karakter Oseanographis dan Data Satelit NOAA,Landsat_TM dan SEAWIFS_GSFC di Perairan Laut Indonesia**. Kantor Menteri Negara Riset dan Teknologi, Dewan Riset Nasional.
- _____,2001. **Pemetaan Digital dan Sumberdaya Hayati Wilayah Pesisir Kabupaten Rembang**. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- _____, 2002. **Term of Reference**. Dinas Perikanan dan Ilmu Kelautan Propinsi Jawa Tengah dan Jurusan Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan UNDIP. Semarang.
- Hutabarat, S., 2000. **Produktivitas Primer Perairan dan Plankton**. Badan Penerbit Universitas Diponegoro. Semarang.
- Idel, A., dan Wibowo, S., 1996. **Budidaya Tambak Bandeng Modern**. Gramedia Press, Surabaya.
- Kontara, 1986. **Teknik Budidaya Udang Windu**. Dirjend Perikanan bekerjasama dengan Internasional Development Research Centre.
- Kordi, 1997. **Budidaya Air Payau**. Dahara Prize. Semarang.
- Lillesand dan Kiefer. 1997. **Penginderaan Jarak Jauh dan Interpretasi Citra**. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Mudjiman, A., 1992. **Budidaya Bandeng di Tambak**. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Murtidjo, B.A., 2002. **Budidaya dan Pembenihan Bandeng**. Kanisius, Yogyakarta.
- Nikolsky, C.V. 1963. **The Ecology of Fishes**. Academic press, New York.
- Nontji, A., 1994. **Biomassa dan Produktivitas Fitoplankton di Perairan Teluk Jakarta serta Kaitannya dengan Faktor-faktor Lingkungan**. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

- Nybakken, J.W. 1988. **Biologi Laut sebagai Suatu Pendekatan Ekologis**. Gramedia, Jakarta
- Odum, E.P., 1996. **Dasar-dasar Ekologi**. Edisi Ketiga. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- Oktora, A.D., 2000. **Kajian Produktivitas Primer Berdasarkan Kandungan Klorofil pada Perairan Tambak Berbakau dan Tidak Berbakau di Desa Grinting Kabupaten Brebes**. Skripsi. Jurusan Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Doponegoro. Semarang.
- Pentury, R., 1997. **Algoritma Pendugaan Konsentrasi Klorofil di Perairan Teluk Ambon Menggunakan Citra Landsat_TM**. Prog. Studi Teknik Kelautan. Program Pasca Sarjana. IPB. Bogor.
- Pemerintah Kabupaten Daerah TK II. Demak, 1998. **Rencana Pengembangan Usaha Perikanan di Kabupaten Tingkat II Demak**.
- Pringgospuputro, S. 1993. **Studi Keterkaitan Antara Aktivitas Pembuangan Limbah Industri dengan Tingkat Saprobitas di Muara Sungai Sambong Kabupaten Dati II Batang (Sebagai Upaya Pendugaan Tingkat Pencemaran)**. Laporan Penelitian. Pusat Penelitian Lingkungan Hidup Lembaga Penelitian Universitas Diponegoro.
- Purwadhi, 2001. **Interpretasi Citra Digital**. PT. Grasindo. Jakarta.
- Poernomo *dalam* Birtnier, A., 1989. **Budidaya Air**. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta.
- Raymont, E.G.J. 1980. **Plankton and Productivity in The Ocean**. Pergamon Press, Oxford
- Setyawati, D.I., 1996. **Korelasi Kandungan Fosfat, MPT, dan Kecerahan terhadap Kandungan Klorofil Fitoplankton sebagai Indikator Produktivitas Primer di Perairan Tanjung Piring, Jepara**. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, UNDIP. Semarang
- Soesilo I., 1994. **Teknologi Penginderaan Jauh di Indonesia**. Aksara Buana. Jakarta.
- Suminto, 1988. **Kualitas Perairan dan Potensi Waduk Wonogiri**. Skripsi Jurusan Perikanan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Universitas Doponegoro. Semarang.
- Supriharyono, 2000. **Pelestarian dan Pengelolaan Sumberdaya Alam di wilayah Pesisir Tropis**. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

- Suwargana, N., 2002. **Analisis Kesesuaian Lahan Tambak Konvensional Melalui Uji Kualitas Lahan Dan Produksi dengan Bantuan Data Penginderaan Jauh dan SIG**. Tesis. IPB. Bogor.
- Wardoyo, S.T.H. 1982. **Water Analysis Manual Tropical Aquatic Biology Program**. Biotrop_Seameo, Bogor. 81 pp.
- Yamaji, I. 1984. **Illustrations of Marine Palnkton of Japan**. Hoikusha Publising Co.Ltd, Osaka.
- Zweig, R.D., et al. 1999. **Source Water Quality for Aquaculture**. A Guide for Assessment. The world Bank. Washington DC.